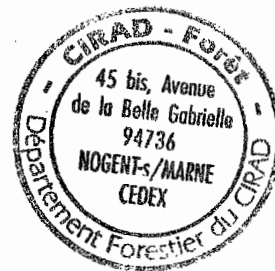


COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES
Programme : "SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT"
S T D II



RAPPORT FINAL
FINAL REPORT

Numéro de contrat : **TS 2A-0229-F (CD)**
Contract number :

TITRE :	DEVELOPPEMENT DES RECHERCHES MENEES EN ZONE DE FORET DENSE HUMIDE DANS LE DOMAINE DE L'AGROFORESTERIE, APPLICATION A LA COTE D'IVOIRE
Title :	
CHEF DE PROJET : Project leader :	Régis PELTIER
INSTITUTION-HOTE : Host Institution :	CIRAD-Forêt
ADRESSE : Address :	45 bis, avenue de la Belle Gabrielle 94736 Nogent-sur-Marne CEDEX
TELEPHONE :	33 - 1 - 43 - 94 - 43 - 76
TELEX / FAX :	33 - 1 - 43 - 94 - 43 - 81
PAYS/INSTITUTIONS ASSOCIES : Associated countries/Institutions :	<ul style="list-style-type: none"> - Allemagne : Université de Bayreuth - Côte d'Ivoire : IDEFOR-DFO - Côte d'Ivoire : IDESSA - France : CIRAD-SAR - France : CIRAD-CA
MOTS-CLES : Key-words :	<p>Agroforesterie, Côte d'Ivoire, zone de forêt dense, culture en couloirs, jachère enrichie, enracinement, biomasse, matière organique, symbiotes, maïs, arachide, gliricidia, leucaena, acacia</p> <p>Agroforestry, Ivory Coast, rain-forest, alley-cropping, improved-fallow, roots, biomass, organic-mater, symbionts, maize, peanuts, gliricidia, leucaena, acacia</p>



CR (13 N) (186) (3)

CIRAD - Forêt
DOCUMENTATION
Le 14/02/95
Micro N°

SOMMAIRE

RESUME	1
OBJECTIF DES RECHERCHES	2
PROBLEMATIQUE GENERALE	2
LA CULTURE SUR BRULIS DE JACHERE	2
Un système toujours actuel	2
Une consommation excessive d'espace	3
Raccourcissement du temps de jachère	3
L'eupatorium, une jachère médiocre	3
Augmenter la biomasse de la jachère pour accroître les rendements des cultures	4
Planter des légumineuses arborées dans les jachères pour concilier régénération de la fertilité, production intermédiaire et sécurité foncière	4
LE BOIS : UNE POSSIBILITE DE DIVERSIFICATION POUR LES AGRICULTEURS	6
Crise des produits de rente	6
Marché du "bois-énergie"	6
Planteur de bois, une alternative possible	6
UNE NECESSITE DE RECHERCHE-ACTION	7
La jachère arborée : un système peu connu	7
La culture en couloirs un système critiqué mais dont il faut trouver la place	7
MATERIEL ET METHODES	8
LA RÉGION D'OUMÉ	8
Situation géographique	8
Climat	8

	ii
Végétations et cultures principales	8
Pédologie, relief	9
Environnement humain	9
 LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE TERRAIN DE L'ESSAI	
"LEGUMINEUSES 87"	9
 L'essai initial	9
Observations intermédiaires	10
Modification du dispositif	10
Le type de sol initial	10
 METHODES UTILISEES POUR LE SUIVI DES JACHÈRES	
Phénologie des feuilles d'acacia (thème 1)	11
Evolution temporelle de la biomasse (thème 2) et de la composition minérale (thème 3) des chutes de débris végétaux	12
Biodégradabilité des chutes de feuilles (thème 4)	12
Nodulation des légumineuses arborées (schéma 6)	14
Production de bois et exportations minérales (thème 7)	14
Litière laissée sur le sol après abattage des arbres (thème 8)	15
Fertilité du terrain au moment de la remise en culture (thème 9)	15
Qualité de la nutrition et mobilisations minérales du maïs (thème 10)	15
Méthodologie du calcul de nutrition et de mobilisation minérale du maïs	16
Production de maïs en première campagne (thème 11)	16
Production du maïs en deuxième culture (thème 12)	17
 METHODES UTILISEES POUR LA CULTURE EN COULOIRS	
Fertilité du sol (thème 13), biomasse et composition du mulch (thème 14), Production des cultures de maïs et de riz (thème 15), composition minérale du maïs (thème 16), végétation de saison sèche (thème 17), production d'arachide (thème 18)	17
Effets des haies sur la lumière (thème 19), l'ETP (thème 20) au niveau des couloirs et impact sur les maladies de l'arachide (thème 21)	20

RESULTATS	21
RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI DES JACHERES	21
Phénologie des feuilles d'acacia (thème 1)	21
Biomasse des chutes de débris végétaux (thème 2)	21
Composition minérale des chutes de débris végétaux (thème 3)	22
Biodégradabilité des chutes de feuilles (thème 4)	24
Biodisponibilité de l'azote d' <i>Acacia mangium</i> (thème 5)	25
Nodulation des légumineuses arborées (thème 6)	26
Production de bois et exportations minérales (thème 7)	27
Litière laissée sur le sol après abattage des arbres (thème 8)	28
Fertilité du terrain au moment de la remise en culture (thème 9)	29
Nutrition et mobilisation minérale du maïs (thème 10)	31
Production du maïs en deuxième culture (thème 12)	33
RESULTATS CONCERNANT LA CULTURE EN COULOIRS	34
Différences de fertilité du sol dans les différentes parties cultivées du système (thème 13)	34
Différences de fertilité du sol entre couloirs et haies (thème 13)	35
Production de matière sèche et composition minérale des émondes de haies (thème 14)	36
Production des cultures de maïs et de riz (thème 15)	37
Effet des traitements sur la composition minérale du maïs (thème 16)	39
Accumulation de nutriments dans la végétation de saison sèche (thème 17) ..	41
Production d'arachides (thème 18)	42
Réduction de lumière dans les couloirs (thème 19)	44
Réduction de l'ETP dans les couloirs (thème 20)	45
Effet de la culture en couloirs et du mulch sur les maladies de l'arachide (thème 21)	45
CONCLUSIONS ET COMMENTAIRES	47
CONCLUSIONS CONCERNANT LES JACHERES	47
La durée de vie des feuilles d'acacia varie avec leur date d'apparition	47
Les feuilles d'acacia tombent surtout en saison sèche	47
Les litières sont carencées dans les mêmes éléments que le sol	48

Les retombées de litière maintiennent l'activité biologique du sol	48
La biodégradabilité des litières varie avec l'espèce d'arbre	48
L'incorporation de feuilles d' <i>Acacia mangium</i> dans le sol réduit la biodisponibilité d'azote	49
Sur les sols d'Oumé, certaines légumineuses ne semblent pas fixer d'azote . .	50
La production de bois des acacias et du <i>leucaena</i> est très élevée	50
Les exportations minérales par le bois sont considérables	50
Elles doivent être réduites ou compensées par un apport d'engrais	51
La quantité de litière laissée sur le sol après abattage des arbres varie beaucoup avec l'espèce	51
Il n'y a pas de grosses différences de fertilité du sol après jachère naturelle ou enrichies	51
L'apport minéral des litières reste faible par rapport aux besoins théoriques des cultures	52
Conserver les résidus de récolte sous forme de mulch valorise la fumure minérale	52
Les résultats sont confirmés en deuxième culture	53
 CONCLUSION CONCERNANT LA CULTURE EN COULOIRS	54
La culture en couloirs conserve la fertilité du sol plus longtemps	54
Des couloirs plus larges seraient préférables	54
L'effet "culture en couloirs" peut être amélioré par des associations entre cultures annuelles et pérennes	55
L'engrais minéral restera en général nécessaire	55
Il existe un effet agroforestier anti-risques sur les cultures de légumineuses	56
Mais, il faut savoir gérer la haie en fonction des aléas climatiques, de la variété de culture	56
 CONCLUSION GENERALE	57
 BIBLIOGRAPHIE	58

RESUME

Une étude rapide du milieu écologique et humain de la région d'Oumé, d'Ivoire, montre une réduction des surfaces agricoles disponibles et une augmentation des besoins d'une population croissante. Ceci milite en faveur d'une intensification (avec les intrants possibles) des "Systèmes d'agriculture sur brûlis de jachère spontanée" réduisant la durée de la jachère, et/ou, en ralentissant la baisse de fertilité pendant la période de culture, si possible tout en diversifiant les productions et en les sécurisant contre le stress d'un climat de plus en plus sec. Le projet a plus particulièrement permis de suivre un essai "jachère améliorée par plantation de légumineuses arborées" et un essai "culture en couloirs avec haies de *Gliricidia sepium*". On a étudié la production des légumineuses arborées (chute de litière pour les jachères, émondes pour les haies, bois dans les 2 cas) en analysant les contenus minéraux ; on a suivi l'évolution du sol amendé par cette biomasse et l'impact sur la production du maïs, du riz ou de l'arachide cultivés entre les haies ou après coupe de la jachère ; Enfin certains paramètres micro-climatiques ont été mesurés.

Les effets sur le sol et sur la production des cultures de ces deux systèmes agroforestiers sont trop limités ou pas assez rapides pour inciter la majorité des agriculteurs à abandonner leur système traditionnel d'abattis-brûlis ; par contre, près des axes routiers permettant d'évacuer le bois ou le charbon, il apparaît intéressant de produire du bois dans les jachères avec des espèces à croissance rapide ; également, la rénovation des vergers de cacao pourrait être facilitée par une jachère arborée suivie d'une coupe en couloirs larges ou du maintien d'un petit nombre d'arbres d'ombrages pour améliorer les conditions micro-climatiques. Les paysans utilisant ces systèmes agroforestiers doivent être conscients du fait qu'ils ne permettent pas de corriger certaines déficiences du sol, comme dans le cas d'Oumé, la faible teneur en P ; la vente du bois ou les économies faites sur d'autres éléments chimiques (N,...) devrait permettre l'achat de ces engrais dont la composition devrait être adaptée.

OBJECTIF DES RECHERCHES

Les recherches menées à Oumé dans le cadre du projet STD II ont pour objectif de comprendre le fonctionnement de deux systèmes agroforestiers :

- La jachère arborée enrichie (dans ce système, on fait alterner sur une même parcelle 5 ou 6 années de cultures annuelles et 5 ou 6 années de culture de légumineuses arborées),
- La culture en couloirs (sur une parcelle cultivée en permanence, il y a des "couloirs" de culture de 5 m de large ; ceux-ci sont séparés par des haies de légumineuses arbustives régulièrement coupées, dont le mulch est réparti sur la partie cultivée).

En effet, on souhaitait tout d'abord déterminer s'il était possible de substituer un de ces systèmes à la culture itinérante sur brûlis, méthode encore largement utilisée dans le Sud-Côte d'Ivoire ; mais surtout, à travers l'étude de systèmes agroforestiers simples, on voulait accumuler des méthodes et des connaissances pour pouvoir, par la suite, entreprendre des travaux d'amélioration des systèmes agroforestiers traditionnels, qui associent un grand nombre d'arbres et de cultures pérennes ou annuelles d'espèces différentes, et qui sont extrêmement difficiles à étudier en l'état, bien qu'ils soient mieux adaptés aux réalités du monde rural.

D'autre part des travaux complémentaires furent menés pour caractériser les systèmes agraires de la région, pour commencer une étude sur les associations arbres/cacaoyers et des nouveaux essais furent installés, mais les résultats ne sont pas encore disponibles à ce jour, étant donné les longs délais d'installation des dispositifs d'étude.

PROBLEMATIQUE GENERALE

LA CULTURE SUR BRULIS DE JACHERE

Un système toujours actuel

L'agriculture sur brûlis de jachère assure la subsistance de centaines de millions d'agriculteurs des zones tropicales et reste une pratique bien vivante (C. FLORET et *al*, 1993). Ce système, qui a été mis au point de façon quasi identique tout autour de la planète par d'innombrables groupes humains, est encore aujourd'hui celui qui est le mieux adapté à des agriculteurs

pauvres, ne possédant que les outils minimum pour défricher et sarcler, ayant peu accès aux engrais pour corriger le pH acide et la pauvreté minérale des sols forestiers, et aux herbicides et insecticides pour lutter contre les pestes végétales et animales (H. LAUDELOUT, 1990).

Une consommation excessive d'espace

Dans les systèmes traditionnels où la jachère dure une vingtaine d'années, une famille doit disposer de plusieurs dizaines d'hectares pour satisfaire ses besoins en produits vivriers. Or, la population des zones forestières augmente très rapidement du fait de la natalité et des migrations. C'est en particulier le cas de la Côte d'Ivoire dont la population crût de 3,5 millions d'habitants (dont 1,3 millions d'immigrants) entre 1965 et 1975 (H-C. ZACHARIAH et J. CONDE, 1981). La culture sur brûlis devient donc une cause très importante de destruction des forêts tropicales primaires qui se transforment en une succession spatiale et temporelle entre culture et jachère plus ou moins dégradée, à un rythme estimé à 17,5 millions d'hectares/an en Afrique (J.R. MERCIER, 1991).

Raccourcissement du temps de jachère

Dans de nombreux terroirs africains de la zone forestière, on constate que "l'espace devient ou deviendra vite fini", comme le signalait J. GIRI (1983) pour le Sahel. Pour les zones soudaniennes, C. PIERI, 1989, estimait que la culture sur brûlis sans intrant ne peut pas nourrir beaucoup plus de 50 habitants/km². Le constat pour la zone forestière où les sols sont très fragiles, malgré (ou à cause) d'une bonne pluviométrie, ne doit pas être très différent. En zone sud-ivoirienne, en dehors de quelques réserves, la densité démographique atteint souvent 100 habitants/km², les jachères longues arborées ont disparu au profit de jachères courtes à eupatorium (*Chromolaena odorata* L.).

L'eupatorium, une jachère médiocre

L'eupatorium est un arbuste semi-ligneux de 2 à 3 m de hauteur originaire d'Amérique tropicale, qui a été introduit en Afrique Tropicale depuis plusieurs dizaines d'années et qui s'est répandu dans la plupart des jachères du Golfe de Guinée, grâce à une production importante de semences légères, facilement disséminées par la vent en fin de saison sèche (KOFFI AKPAGANA et al, 1993).

Mais, en zone humide, l'essentiel de la richesse minérale participant aux cycles biogéodynamiques se situe dans la végétation (JM. SARRAILH, 1991) . la faible biomasse d'une jachère d'eupatorium ne permet donc pas un stockage important d'éléments minéraux.

D'autre part, le développement rapide de cette espèce pionnière bloque la croissance des espèces forestières pendant de nombreuses années, suivant le modèle de reconstitution dit "d'inhibition" (J-H. CONNEL et R-O. SLATYER, 1977 ; D-Y. ALEXANDRE, 1989 ; D. MITJA et H. PUIG, 1993).

Dans les jachères à eupatorium, le stock de graines d'arbres forestiers est généralement très faible, alors que celui de semences d'eupatorium, de Cypéracées et de Graminées reste très important (A. de ROUW, 1993) ; le brûlis de la biomasse peu importante ne permet pas d'éliminer ce stock séminal : de ce fait, le développement des adventices dans les cultures est très important et nécessite un travail contraignant ; quant au retour ultérieur à une jachère forestière, il est presque impossible, et de très rares ethnies (Oubi de Taï en Côte d'Ivoire, Lua en Thaïlande du Nord,...) savent hâter le retour des jachères arborées.

Augmenter la biomasse de la jachère pour accroître les rendements des cultures

R. MOREAU, 1993, souligne que le brûlis d'une jachère arborée est un moyen très efficace pour relever assez durablement le pH du sol (en particulier par apport de carbonate de calcium, élément peu soluble et peu lixiviable des cendres qui provient de la transformation, au cours de la combustion, de l'oxalate de calcium présent dans les cellules des plantes ligneuses), tout en augmentant la capacité d'échange et en libérant des nutriments qui se substituent aux éléments toxiques (aluminium , manganèse,...). Il estime que la biomasse de la jachère détermine le niveau des restitutions minérales sur brûlis et est proportionnelle au niveau de productivité ultérieur du système.

Planter des légumineuses arborées dans les jachères pour concilier régénération de la fertilité, production intermédiaire et sécurité foncière

R. PELTIER et BALLE PITY (1993) estiment que dans la plupart des cas il est plus réaliste de faire évoluer le système "culture sur brûlis de jachère" pas-à-pas. Ils proposent ainsi, après R. PELTIER et O. EYOG-MATIG (1988), de planter ou de semer des légumineuses arborées dans les cultures quelques années avant d'arrêter celles-ci, pour pré-installer la jachère ligneuse. Cependant, avant de développer cette méthode en milieu rural, il est nécessaire, après avoir bien compris les rôles des jachères, de bien analyser en quoi les innovations

proposées peuvent améliorer le fonctionnement du système dans son (M. SEBILLOTTE, 1993).

La plantation d'arbres dans les jachères peut contribuer principalement aux points suivants :

- Stabilisation du foncier

Dans le droit traditionnel africain, le foncier est géré par les "chefs de terre" qui distribuent les terrains de culture à leurs administrés. Bien qu'il soit généralement reconnu qu'une terre en jachère appartient à celui qui l'a défrichée, il est assez fréquent qu'un chef de terre estime que celle-ci est vacante et l'attribue à un autre agriculteur. Au contraire, une jachère arborée artificielle, au même titre qu'une plantation de café, cacao, ... peut très difficilement être confisquée, d'où une sécurisation foncière.

- Production intermédiaire de bois

Au contraire des jachères à eupatorium, sur lesquelles on ne peut récolter aucun produit commercialisable, une jachère arborée peut produire du bois.

- Régénération de la fertilité

Le concept de fertilité peut recouvrir des notions très variées, comme la facilité de défrichement, l'absence de graines d'adventices dans le sol, la facilité de brûlis, un pH proche de la neutralité, une teneur assez élevée en éléments minéraux et la pauvreté en éléments toxiques du sol, ...

Les résultats des essais réalisés à Oumé que nous allons présenter ci-dessous, ne prétendent pas éclairer tous ces aspects, mais ils constituent une première étape pour améliorer la connaissance encore très limitée du fonctionnement des jachères arborées.

LE BOIS : UNE POSSIBILITE DE DIVERSIFICATION POUR

Crise des produits de rente

La fin des années 80 et le début des années 90 ont constitué une période très difficile pour les "produits de rente" de la Côte d'Ivoire (café, cacao, caoutchouc, huile de palme, ananas,...). Les prix de vente n'ont cessé de diminuer alors que celui des "intrants" (engrais, herbicides, produits phytosanitaires) augmentait relativement. C'est ainsi que les vergers de cacaoyer et de caféiers ont été progressivement négligés voire abandonnés en basse Côte d'Ivoire (J.C. DISSART, 1994). Bien que la récente dévaluation du Franc CFA et une reprise des cours mondiaux aient redonné une certaine compétitivité à ces filières, il reste que les paysans cherchent à diversifier leurs revenus monétaires.

Marché du "bois-énergie"

Il pourrait sembler, en première approche, que les capitales africaines, et en particulier la ville très moderne d'Abidjan, utilisent surtout du gaz, de l'électricité et des produits dérivés du pétrole pour leur énergie domestique. Au contraire, une étude plus détaillée montre qu'il n'en est rien. Entre autres, pour les villes d'Abidjan, Antananarivo, Brazzaville, Lomé, Niamey et Yaoundé, A. BERTRAND (1987 et 1992) et L. VERGNET (1986, 1991 et 1992) montrent que le bois et le charbon de bois peuvent représenter jusqu'à 95 % de l'énergie domestique consommée.

Cependant, A. BERTRAND, 1990 et R. PELTIER et al, 1993 montrent que la valeur de ce produit pondéreux diminue rapidement lorsqu'on s'éloigne des villes, en raison des coûts du transport. Au delà d'environ 150 km des marchés, il est en général préférable de le transformer en charbon de bois, beaucoup plus léger par unité calorifique.

Planteur de bois, une alternative possible

Dans le cadre de la présente étude, il n'est hélas pas possible d'aborder en détails les aspects économiques liés à la production de bois en milieu rural, car des études complémentaires sont nécessaires pour déterminer les coûts de production et de vente.

On doit cependant rappeler que B. DUPUY et A. N'GUESSAN KANGA (1990) et A. N'GUESSAN KANGA (1991), ont montré qu'une plantation d'*Acacia mangium* de 8 ans, sur terrain relativement fertile, près d'Abidjan, pouvait produire environ 100 tonnes de bois par

hectare. L. VERGNET, 1992, a avancé que cette production est l'une des plus rentables parmi celles qui s'offrent aux paysans à proximité des grands centres urbains du Golfe de Guinée.

UNE NECESSITE DE RECHERCHE-ACTION

La jachère arborée : un système peu connu

C. FLORET et al (1993) reconnaissent que la jachère arborée artificielle est un système encore peu connu, les travaux des agronomes francophones (CIRAD, ORSTOM) et anglophones (IITA, ICRAF...) ayant surtout porté sur les jachères spontanées ou sur les jachères artificielles à base d'herbacées ou d'arbustes, souvent du groupe des Légumineuses.

La culture en couloirs un système critiqué mais dont il faut trouver la place

Pour leur part, G. SCHROTH et W. ZECH, 1994, estiment que l'enrichissement des jachères en légumineuses arborées ne peut être qu'un premier pas dans l'amélioration des systèmes de culture, car la coupe de la jachère s'accompagne de pertes d'éléments minéraux par érosion et lixiviation. Ils pensent qu'il faut continuer à approfondir les connaissances sur la culture en couloirs, système supposé plus durable car permettant en permanence la remontée par les arbustes des éléments lixiviés au niveau des cultures ; conscient de l'échec relatif de ces systèmes en milieu rural (KERKHOF, 1990) ils estiment qu'il faut mieux comprendre les phénomènes de concurrence entre cultures et ligneux au niveau aérien et racinaire.

Les expériences concernant la culture en couloirs ont été récemment recensées par KANG et al (1990); LAL (1991) et NAIR (1993). Après de premiers résultats encourageants KANG et al (1981), la méthode a été testée dans une grande variété de situations, mais n'a pas été adoptée par les agriculteurs sous sa forme originale, bien qu'ils aient parfois intégrés certains éléments dans leurs systèmes (KERKHOF, 1990 ; FUJISAKA, 1993). Les causes de l'échec sont en partie socio-économiques, comme la quantité élevée de travail nécessaire pour installer les haies et pour les élaguer ; d'autre part l'insécurité foncière constitue un problème important (NAIR, 1993). Il existe aussi des limites techniques : LAL (1991) montre que les effets de la culture en couloirs sur la production sont tantôt positifs, tantôt négatifs suivant les conditions écologiques. En général, l'effet positif ne se manifeste qu'au bout d'un nombre élevé d'années (HAGGAR et al, 1993), trop tard pour intéresser les petits paysans.

Cependant, ceci ne signifie pas que la méthode soit sans intérêt. Sur pente, les haies en courbe de niveau réduisent efficacement l'érosion (LAL, 1991 ; YOUNG, 1993). Mais la méthode doit être modifiée pour être acceptable plus largement (GILLERS et WILSON, 1991). Pour une optimisation de la technique, il est nécessaire de comprendre les interactions entre les composants du système. Mais surtout, des informations obtenues dans la culture en couloirs, peuvent permettre de comprendre des systèmes agroforestiers plus complexes.

MATERIEL ET METHODES

LA RÉGION D'OUMÉ

Les informations générales concernant cette région ont été obtenues par une série de stages de courte durée, d'étudiants des écoles CNEARC et ENGREF de Montpellier, France, utilisant les méthodes de caractérisation du milieu et des systèmes agraires propres à ces écoles.

Situation géographique

Oumé se situe à 200 km au Nord-Ouest d'Abidjan et à 50 km au Sud-Ouest de Yamoussoukro, en République de Côte d'Ivoire.

Climat

Le climat est subéquatorial à pluviométrie bimodale (deux saisons des pluies centrées respectivement sur mai-juin et octobre) avec une moyenne annuelle des précipitations de 1 335 mm (1949-1967). La température moyenne annuelle est de 26°C, l'humidité relative moyenne est de 85 % avec des minima inférieurs à 75 % en cas d'Harmattan, au cours de la saison sèche la plus marquée (décembre-janvier).

Végétations et cultures principales

Oumé se trouve au nord de la forêt dense humide semi-décidue (type à *Celtis spp.* et *Triplochiton scleroxylon*) dans une zone de transition avec les savanes à rôniers du "V Baoulé". L'homme y a développé les cultures de café, cacao, riz pluvial, maïs, igname, banane,...

Pédologie, relief

Les sols sont ferralitiques, faiblement dessaturés, issus de granites, ou sont des sols bruns eutrophes, issus d'amphibolites. Le modelé est moyennement ondulé avec des altitudes se situant autour de 250 m.

Environnement humain

La région d'Oumé offre une diversité humaine importante. Les autochtones ne représentent que 40 % de la population. Parmi eux, citons les Gagous qui cultivent surtout le taro et la banane, les Gouros qui préfèrent les céréales (riz, maïs, mil) et les tubercules (igname, taro) et les Bétés, ici minoritaires.

Les allogènes dominent avec 60 % de la population. Ils ont été en particulier attiré par le boom du cacao et de l'industrie forestière. Ils sont constitués par des peuples de savanes. Citons par distance d'origine croissante : les Baoulés, grands cultivateurs d'igname, les Malinkés (Sénoufo,...) venus du Nord-Côte d'Ivoire et du Sud-Mali, et différents groupes soudano-sahéliens venus en particulier du Burkina-Faso. Ces peuples possèdent une large gamme de plantes ambivalentes pouvant se satisfaire sur les milieux forestiers et de savanes (y compris arachide, coton, sorgho, et surtout maïs) (P. LECOMTE, 1990).

LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE L'ESSAI "LEGUMINEUSES 87"

L'essai initial

Bien que certains résultats aient été confirmés sur des parcelles voisines et que de nouveaux essais aient été mis en place, l'essentiel des travaux réalisés à Oumé sur le thème des jachères concernent surtout un essai, désigné sous le nom de "Légumineuses 87".

Celui-ci fut installé en 1987 par le CTFT Côte d'Ivoire (actuel IDEFOR-DFO) sur un sol relativement fertile de défriche forestière dans la station de la Sangoué (à environ 15 km au Sud-Ouest d'Oumé).

Le dispositif initial était de type "bloc complet randomisé" à 8 répétitions, parcelles unitaires de $12 \times 12 \text{ m} = 144 \text{ m}^2$, 36 arbres par parcelle plantés à un écartement de $2 \times 2 \text{ m}$. Les traitements variaient par l'espèce de légumineuse arborée plantée :

- *Acacia auriculiformis*
- *Acacia mangium*
- *Albizzia lebbek* ⁽¹⁾
- *Leucaena leucocephala*.

Le cinquième traitement fut au départ planté en *Cajanus cajan*, mais la provenance se révéla mal adaptée et peu longévive, si bien qu'elle fut rapidement remplacée par une jachère naturelle où dominait l'eupatorium. C'est pourquoi, nous désignerons ce traitement sous le nom de "témoin - jachère spontanée". Il faut souligner la très bonne installation de cet essai (choix d'un terrain assez homogène, nombre élevé de répétitions disposées en courbes de niveau, écartement régulier, très bon entretien des jeunes plants).

Observations intermédiaires

Au cours des années 87 à 90, des mesures de taux de survie et de croissance des espèces furent réalisées.

Modification du dispositif

PELTIER (1990) et BALLE PITY (1990) proposèrent de profiter du projet européen STD II pour reprendre ce dispositif afin d'étudier l'influence des différentes espèces sur la fertilité du sol. Ce travail fut placé sous la responsabilité de OUALOU KOULLOU pour la partie étude de la biomasse et coupe des arbres, de G.M. GNAHOUA pour la remise en culture et le suivi de celle-ci, et de R. OLIVER pour la coordination des analyses (sols, biomasse, symbiotes). Nous allons examiner ci-dessous les méthodes utilisées et les principaux résultats obtenus sur ce dispositif.

Le type de sol initial

Faute d'observations précises réalisées en 1987, R. OLIVER fit ouvrir, en 1991, une fosse pédologique à proximité immédiate de l'essai, sur une zone laissée en friche et fit réaliser des analyses de sol dont on trouvera certains résultats au tableau I.

¹ Dans certaines flores, on trouve l'orthographe *Albizia*, dans le présent rapport nous avons retenu *Albizzia*, plus proche de l'origine du mot. D'autre part on parlera souvent des acacias pour désigner les deux premières espèces, de l'*albizzia* ou du *leucaena* pour les deux suivantes et l'eupatorium pour *Chromolaena odorata*.

Tableau I
Caractéristiques analytiques du sol de l'essai "jachère 87"

COTE (cm)	Argile %	Limons %	pH KCl	Ca	Mg	K	CEC ^(a)	P Olsen mg/Kg P ^(b)	Carbone %	Azote %
0/10	33.6	9.7	6.85	15.4	2.56	0.54	15.80	30.5	3.01	2.94
10/20	24.2	10.4	7.00	9.03	1.53	0.33	8.60	13.4	1.41	1.30
50/60	32.2	7.1	6.35	4.25	2.07	0.27	6.23	16.8	1.00	0.80

Complexe absorbant : méthode cobaltihexammine résultats en meq/100 g

^(a) P. FALLAVIER et al., 1985 : ^(b) B. DABIN, 1967

(Source R. OLIVER et F. GANRY, 1994)

Le sol est de type "ferralitique remanié" avec un horizon pierreux pouvant être situé juste sous l'horizon organique superficiel (le pourcentage de cailloux et graviers peut atteindre 50 %).

Les caractéristiques analytiques moyennes montrent que ce sol est relativement riche en matière organique. Sa texture est limono-argilo-sableuse, ce qui, avec la présence de gravillons, permet de bonnes conditions de drainage.

Le complexe absorbant est convenablement fourni sur tout le profil et le pH proche de la neutralité lui confère une fertilité chimique correcte. Il est bien pourvu en potassium échangeable mais très certainement carencé en phosphore.

METHODES UTILISEES POUR LE SUIVI DES JACHÈRES

Phénologie des feuilles d'acacia (thème 1)

Cette expérience a été mise en place en août 92 et le suivi a été fait sur 3 branches respectivement situées en position basse, médiane et haute de 2 arbres de chaque espèce (*Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis*) âgés de 6 mois.

Les feuilles apparaissant sur ces branches marquées et ayant atteint la taille de 10 cm pour *Acacia mangium* et 5 cm pour *Acacia auriculiformis* ont été mesurées et repérées par des

rubans plastifiés se référant à un code de couleurs correspondant à une période donnée. Le nombre de feuilles présentes sur la branche a été noté et les feuilles marquées tombées de l'arbre ont été collectées.

En fait, ce suivi s'est déroulé en 2 temps : le premier correspond essentiellement à la période de marquage des feuilles (mi-août, début février) et le second à celui de la collecte des feuilles tombées au pied des arbres.

Evolution temporelle de la biomasse (thème 2) et de la composition minérale (thème 3) des chutes de débris végétaux

Les chutes de débris végétaux (feuilles, fleurs, fruits, brindilles : pour simplifier nous dirons "litière") des diverses espèces arborées de l'essai "légumineuses 87" ont été collectées à intervalle à peu près régulier de 15 jours, en installant sur le carré central de 6 des répétitions (bandes 1 à 6) un collecteur de "litière" constitué par une toile moustiquaire de 1 m x 1 m montée sur un cadre et maintenu à une vingtaine de centimètres du sol, entre Février 1992 et Février 1993.

La matière végétale récoltée fut séchée à l'étuve à 80°C, pesée et transmise au laboratoire pour analyse. Pour en réduire le coût, l'analyse minérale a porté sur un échantillon moyen des 6 répétitions d'une même espèce (N, P, K, Ca, Mg), sauf pour le prélèvement du 28 novembre où les 24 parcelles échantillonnées ont été analysées séparément pour apprécier la variabilité de la composition minérale des matières récoltées. On n'a pas distingué les divers organes (feuilles, fruits, branches et brindilles) dans les échantillons collectés.

Biodégradabilité des chutes de feuilles (thème 4)

La biodégradabilité des "litières" des diverses espèces a été testée au laboratoire, par incubation en étuve à 30°C des feuilles grossièrement broyées avec de la terre prélevée en bordure de l'essai, selon une méthode inspirée de D. O. NYAMAI (1991). La terre fine provenant de la couche 0-15 cm est incubée à 30°C sans apport de matière végétale ou en présence de 1% (en poids) de matière végétale (feuilles séchées grossièrement broyées des diverses espèces testées). Le mélange "terre-matière végétale" est placée dans des seringues de capacité 50 ml, elles mêmes placées dans des pots en plastique qui peuvent être hermétiquement clos pour y piéger le CO₂ dégagé. L'humidité est maintenue proche de la capacité aux champs et la terre percolée toutes les semaines par 250 ml d'eau distillée, puis

ressuyée par une légère succion sous vide (environ 300 mbar) avant une nouvelle période d'incubation. L'expérience est conduite en 5 répétitions pendant 8 semaines.

Dans cette même expérience, on a suivi la production d'azote minéral par analyse des percolats recueillis lors des phases de lixiviation.

Biodisponibilité de l'azote des feuilles d'*Acacia mangium* (thème 5)

La biodisponibilité de l'azote contenu dans les feuilles d'*Acacia mangium* (AM) a été étudiée en vases de végétation. La plante test utilisée est du ray-grass (*Lolium perenne*) semé à raison de 300 mg de graines par pot ; le sol est celui d'Oumé (0-15 cm) ayant reçu une fertilisation sans azote et auquel on a incorporé par pot (200 g de terre) 1g de feuilles d'*Acacia mangium* grossièrement broyées et enrichies ⁽²⁾ en ¹⁵N. Cinq traitements ont été testés en quatre répétitions, les pots étant répartis aléatoirement sur la table de culture.

- sol incubé pendant 8 semaines sans feuilles d'AM puis semé (ONN) ;
- sol incubé pendant 8 semaines avec les feuilles d'AM puis semé (OOO) ;
- feuilles d'AM incorporées, au moment du semis, au sol incubé 8 semaines (ONO) ;
- sol non incubé, sans incorporation de feuilles d'AM et semé (NNN) ;
- sol non incubé avec incorporation de feuilles d'AM au semis (NNO).

Les vases reçoivent, au moment du semis, une fertilisation phospho-potassique (mélange PO₄H₂K, PO₄HK₂ apportant 12,4 mg de P et 23,4 mg de K par pot). Après semis du ray-grass, les vases sont placés à l'étuve à 30 °C, puis transférés dans la chambre de culture. L'humidité est maintenue aux 2/3 de la CMR (R. CHAMINADE, 1965) par pesée quotidienne et réajustement avec de l'eau distillée. Une première coupe est effectuée 2 semaines après la levée (la date de coupe a dû être avancée suite à un incident de régulation thermique de la chambre de culture). Une seconde coupe a été effectuée 3 semaines après la première. A chaque coupe, la matière sèche "récoltée" a été pesée et sa teneur en azote ainsi que son abondance isotopique ont été déterminées.

Les teneurs en carbone et azote des feuilles d'*Acacia mangium* utilisées sont respectivement de 53,2 % pour C et de 1,46 % pour N (rapport C/N = 36).

2 Cette matière végétale a été obtenue après culture d'*Acacia mangium* obtenu par semis sur un sol ayant reçu un apport d'urée enrichie à 5 % de ¹⁵N. Les jeunes plants ont été sacrifiés après 5 mois et les feuilles ont été séchées puis utilisées pour l'essai en vases de végétation.

Nodulation des légumineuses arborées (thème 6)

La nodulation des arbres a été suivie au cours d'une année, par prélèvement sur 5 arbres de l'une des bandes de l'essai. La méthodologie utilisée pour ce suivi a fait l'objet d'une mise au point spécifique par A. GALIANA et les conditions expérimentales retenues sont les suivantes :

- prélèvements successifs effectués selon des rayons ayant pour centre un arbre et faisant un angle de 60°, à la distance de 25, 50 et 100 cm de l'arbre ;
- volume d'un prélèvement élémentaire : 20 cm x 20 cm x 20 cm (4 sondages à la tarière "à prélèvements racinaire" et collecte de la terre présente entre les trous de sondage) ;
- mise en place des nodules (et des racines les portant) dans des flacons sérum de 250 ml contenant 10% de C_2H_2 pour détermination de l'ARA (activité réductrice d'acétylène, R.W.F. HARDY et *al*, 1968) ;
- prélèvement des gaz formés pendant 1/2 heure et une heure après le prélèvement ;
- transfert des "vénojects" contenant les gaz formés et des flacons sérum contenant les nodules au laboratoire pour analyse de C_2H_4 et caractérisation des nodules (nombre, poids sec).

La méthodologie utilisée autorise 6 dates de prélèvement autour de chaque arbre choisi et donne lieu à 15 sondages par espèce et par date de prélèvement. Le volume de terre échantillonné est relativement important puisqu'il représente 7,5% de celui disponible pour un arbre dans la tranche considérée.

Production de bois et exportations minérales (thème 7)

Au cours de la saison sèche précédant la mise en culture (février 93) six répétitions de l'essai "légumineuses 87" ont été coupées (arbres plantés âgés de 6 ans et végétation spontanée).

Les biomasses ont été évaluées (voir ci-après). Le bois (tronc et branches de diamètre supérieur à 3 cm) a été évacué de la parcelle (comme cela serait en cas d'utilisation du bois de feu par l'agriculteur).

Les feuilles et brindilles des arbres abattus ont été réparties aussi uniformément que possible sur les parcelles et cette biomasse est venue s'ajouter à l'ancienne litière non décomposée.

On a, au moment de l'abattage des arbres, mesuré leurs diverses caractéristiques dendrométriques (circonférence, hauteur) et déterminé par pesée les quantités de "gros bois" (branches de diamètre > 3 cm), "petit bois" (autres branches) et "feuilles et brindilles" de 6 arbres ⁽³⁾ par parcelle ; des échantillons ont été conservés pour analyse des teneurs en N, P, K, Ca, et Mg des diverses parties des arbres.

On a, d'autre part, mesuré le diamètre des arbres à 1,30 m, ainsi que le nombre d'arbres dont le tronc est subdivisé à cette même hauteur.

Litière laissée sur le sol après abattage des arbres (thème 8)

Après abattage des arbres et extraction du bois, on a laissé les feuilles et brindilles sur le sol pendant trois mois, durant lesquels elles se sont mélangées avec les résidus anciens de litière non décomposée. Ce mélange de litière ancienne et nouvelle a été estimé avant qu'il ne soit brûlé ou utilisé comme mulch de culture.

Fertilité du terrain au moment de la remise en culture (thème 9)

Afin d'estimer l'impact des six années de jachère sur l'horizon supérieur du sol (0/15 cm) dans lequel le maïs va surtout développer son enracinement, des prélèvements de sol ont été effectués avant mise en place des engrais et juste au moment du brûlis. L'essai est analysé comme un dispositif en blocs de Fisher à 5 traitements et 6 répétitions.

Qualité de la nutrition et mobilisations minérales du maïs (thème 10)

■ Méthode générale de l'essai "maïs après jachère"

Le dispositif de l'essai "légumineuses 87" a été modifié de façon à pouvoir croiser les facteurs "précédent jachère" (les 5 traitements de l'essai initial), "gestion de la litière" (mulch ou brûlis) et "fertilisation" (absence de fertilisation ou apport de la dose préconisée par le développement) (cf. plan de l'essai en Fig. 7).

3 En fait, tous les arbres encore vivants sur un rectangle où l'on avait planté six arbres au départ.

La première culture de maïs a été mise en place en avril 93.

L'objet principal des cultures de maïs est de juger de l'état de fertilité du sol des parcelles et de son évolution au cours des campagnes successives, d'où le protocole mis en place et le suivi très complet qui a été fait sur la première culture : diagnostic foliaire ; prélèvements pour détermination des mobilisations minérales maximum ; décomposition du rendement en ses diverses composantes. Ce suivi a été allégé pour la seconde campagne de culture où l'on ne s'est intéressé qu'au rendement (et à ses composantes) et à la production de pailles à la récolte.

Méthodologie du calcul de nutrition et de mobilisation minérale du maïs

le prélèvement foliaire est effectué au moment de la floraison mâle du maïs, et porte sur le tiers médian de la feuille sous l'épi (A. LOUE 1965). Sur chaque parcelle élémentaire de l'essai, vingt feuilles ont été prélevées, dépoussiérées dès le prélèvement et séchées à l'étuve à température modérée avant d'être transmises au laboratoire pour analyse. Au même stade, 4 plants pris en limite de parcelle sont coupés au niveau du collet, tronçonnés et entièrement séchés et pesés pour déterminer la matière sèche produite et entièrement broyés puis analysés.

L'analyse a porté sur les teneurs en N (analyse par voie sèche sur appareil CHN), en P, K, Ca et Mg (analyse par ICP après minéralisation par voie sèche au four à moufle à 550°C et reprise acide des cendres).

Production de maïs en première campagne (thème 11)

Le déroulement de la culture du maïs a été suivi tout au long du cycle de culture. De façon générale, les conditions de culture ont été satisfaisantes avec une pluviosité convenable tout au long du cycle, malgré un semis relativement tardif pour la zone.

On a mesuré les facteurs classiques de rendement du maïs (Rdt, pailles, Rdt grains, nombre de pieds par ha, Nombre d'épis par pied, Nombre de grains par épis, poids de 1 000 grains).

Production du maïs en deuxième culture (thème 12)

Pour cette culture, on ne dispose que des observations sur la production du maïs : rendements en grains et de certaines de ses composantes, production de pailles à la récolte. Les conditions hydriques ont été moins favorables que pour la première culture, ce qui est habituel dans la zone.

METHODES UTILISEES POUR LA CULTURE EN COULOIRS

Fertilité du sol (thème 13), biomasse et composition du mulch (thème 14), production des cultures de maïs et de riz (thème 15), composition minérale du maïs (thème 16), végétation de saison sèche (thème 17), production d'arachide (thème 18).

■ Lieu et climat

L'essai "culture en couloirs" a été installé dans la station de la Sangoué, en Centre-Côte d'Ivoire (6°17'N, 5°13'W, altitude 200 m). La végétation climacique est une forêt humide semi-décidue à association *Celtis-Triplochiton* (GUILLAUMET et ADJANOHOOUN, 1971). La pluviométrie moyenne est de 1 285 mm (1956-1992) en deux saisons des pluies avec des maxima en mars-juin et septembre-octobre. Pendant l'étude, les pluviométries suivantes ont été observées (1 481 mm en 1990, 1 051 mm en 1991 et seulement 951 mm en 1992).

La parcelle a été installée sur une pente nord de 6 %. On trouve un "sol ferralitique remanié" en haut de pente et un "sol ferralitique remanié colluvionné induré" en bas de pente. Ces sols sont dérivés de granite et de gneiss. Les horizons situés sous 80 cm sont compacts.

■ L'essai et les traitements

La parcelle initialement occupée par une plantation de *Terminalia superba* Engl. & Diels, fut envahie par *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. et par un sous-bois de *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King et H. Robinson. En 1989, la parcelle fut abattue et brûlée après extraction des plus gros troncs. Puis elle fut semée de façon homogène en maïs.

En 1990, 30 placeaux expérimentaux de 11 x 15 m furent installés en blocs complets randomisés (6 traitements, 5 répétitions en courbes de niveau).

Les traitements étaient : 1 (culture pure "en plein", sans haies, non fertilisée) ; 2 (culture pure, fertilisée) ; 3 (culture pure, non fertilisée, "mulché" avec des émondes de *Gliricidia* comme le traitement 4 ; 4 (culture en couloirs avec *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend. (Fabaceae) plantés à 5 m x 0,25 m, non fertilisée) ; 5 (culture en couloirs, comme 4, les parties cultivées et non les haies étant fertilisées) ; 6 (idem 4, les racines de la haie étant séparées du sol des cultures par une feuille en plastique de 90 cm de profondeur).

Trois haies furent plantées dans chacun des placeaux de culture en couloirs, en juin 1990, avec des plants en sachets âgés de 4 mois. Les haies furent coupées 4 fois par an, à la machette, à 50 cm de hauteur et la biomasse mise uniformément sur les couloirs de culture. Seuls les 7 x 10 m centraux furent utilisés pour les mesures. Les feuilles de plastique permirent de réduire la longueur de racine de *gliricidia* dans les cultures de 78 % (à 1 m) à 93 % (à 2,5 m de la haie).

■ Cultures

En 1990, les parcelles furent plantées en igname (*Dioscorea alata* L.), en buttes suivant la méthode locale utilisée après défrichement (les résultats non significatifs de cette première culture ne sont pas donnés ici). Ensuite, le sol fut égalisé. A partir de 1991, un labour manuel à la houe fut réalisé avant chaque culture. Auparavant, les résidus de culture et les mauvaises herbes furent sarclées. Dans les parcelles "non mulchées", ces résidus étaient brûlés (en accord avec les pratiques locales) alors qu'ils étaient remis sur le sol, sous forme de mulch, sur les autres traitements.

Du 18 au 20 avril 91, le riz (*Oryza sativa* L. var IAC 165), fut semé à 25 x 25 cm, 4 graines par poquet. Une fertilisation de 150 kg/ha de NPK 10-18-18 fut mise le jour avant semis, et 75 kg/ha d'urée furent apportés en 2 doses le 18 mai et le 10 juin. Deux désherbages eurent lieu et le riz fut récolté du 12 août au 2 septembre 1991, après avoir été gardé pendant 2 mois contre les dégâts des oiseaux. Du 9 au 13 septembre 1991, les placeaux furent labourés à la houe et semés en arachide (*Arachis hypogaea* L.) qui fut récoltée du 21 au 23 décembre. Le maïs (*Zea mays* L.) fut semé le 13 avril 1992, après labour et application de 250 kg/ha de NPK. Un ressemis fut nécessaire avec la variété Ferké 81-28 à un écartement de 75 x 50 cm, 3-4 graines par poquet (puis éclairci à 2 Plants). 62,5 cm furent laissés entre la haie et la première rangée de maïs ; regarnis le 19 mai et un seul sarclage ; à la floraison, apport de 100 kg/ha d'urée ; récolte les 25-29 août. Un prélèvement foliaire fut effectué au moment de la floraison mâle du maïs, portant sur le tiers médian de la feuille sous l'épi. Les échantillons furent lavés à l'eau distillée, séchés à 70°C jusqu'à poids constant et broyés pour analyse.

Du 19 au 20 septembre des arachides de variété locale furent semées ; elles furent récoltées du 22 au 24 décembre 1992. Dans les parcelles en couloirs, les cultures furent récoltées par ligne (maïs) ou double lignes (riz). Les productions en grain et paille furent calculées et exprimées en matière sèche, après séchage d'échantillons à 105°C dans une étuve jusqu'à poids constant.

■ Accumulation de nutriments et de biomasse dans les haies et végétation de saison sèche

Les haies furent coupées quatre fois par an et la biomasse mise sur les couloirs. La coupe se fit à 50 cm de hauteur à la machette et les branches vertes du bas furent également sectionnées. Des échantillons de feuilles (70°C) et de branches (105°C) furent séchés à poids constant et gardés pour analyses. Les 19-20 avril 1993, la végétation spontanée fut coupée au niveau du sol, pesée et des échantillons furent séchés et broyés pour analyse.

■ Analyses de plantes et de sol

Dans les feuilles de maïs, N fut mesuré par combustion sèche à l'analyseur CHN. P et les cations furent mesurés par méthode ICP après minéralisation par voie sèche à 350/550°C et dissolution des cendres dans de l'HCl 0,5N. L'indice de "Diagnostic et Recommandations des Systèmes Intégrés" (DRIS) fut calculé pour le maïs avec la formule de WALWORTH et SUMNER (1987), en utilisant les valeurs de référence de ELWALI et *al* (1985).

Des échantillons composite de sol des horizons 0-15 cm et 15-30 cm furent récoltés dans tous les placeaux en mars 90, avant plantation des haies, puis en avril 1993. Dans les parcelles en allées, des échantillons séparés furent pris dans les allées et dans les futurs emplacement des haies. Les échantillons furent séchés à l'air et la fraction fine de la terre (< 2 mm) fut analysée comme suit : texture par la méthode de la pipette après traitement à H₂O₂ et à l'hexametaphosphate de sodium (pour 1990 seulement) ; pH à l'eau distillée et au KCl 1N à un taux de 1 ÷ 2,5 de sol/solution ; carbone et azote total par chromatographie gazeuse avec un analyseur CN ; extraction du P échangeable après mesure par méthode Olsen-Dabin (DABIN, 1967) et colorimétrie ; capacité d'échange des cations par la méthode du chlorure de cobaltihexammine (FALLAVIER et *al*, 1985 ; OLIVER, 1984) ; cations échangeables par AAS ; mn et Zn échangeables par extraction DTPA et mesures pour AAS (pour 1993 seulement).

■ Analyses statistiques

Les données concernant les différentes analyses de sol furent analysées par la méthode ANOVA à trois facteurs (gestion du mulch, fertilisation, date de mesure). Lorsque le test F était significatif à $p > 0,05$, les traitements étaient comparés par la plus petite différence significative (LIHLE et HILLS, 1978). Pour isoler les effets traitements dans les changements de paramètres de fertilité pour la période de l'expérience, des comparaisons furent conduites sur les différences entre les données sol de 1993 et de 1990, en tant que variables dépendantes. La méthode "ANOVA à quatre voies" fut utilisée pour comparer les paramètres du sol dans les couloirs et sous les haies des traitements agroforestiers fertilisés ou non, en utilisant un dispositif en "split-blocks" (STEEL et TORRIE, 1980) pour les positions dans les placeaux et les dates de mesures.

Les différents horizons du sol furent analysés séparément. Les récoltes (en poids sec) des émondes de haies et de cultures furent analysées par méthode ANOVA à 2 facteurs, suivies par des tests, comme indiqué ci-dessus.

Effets des haies sur la lumière (thème 19), l'ETP (thème 20), au niveau des couloirs et impact sur les maladies de l'arachide (thème 21)

Des mesures de radiation furent réalisées en 1992 dans deux placeaux de culture en couloirs et deux de culture pure. Des solarimètres (DELTA - TTSL, 85,8 x 2,2 cm, sensibles à une radiation de 9,35 à 2,5 μm) furent placés dans les couloirs, parallèlement aux haies. Un solarimètre de référence fut placé dans un placeau de culture pure, à 7 m minimum de la haie la plus proche. Les solarimètres furent recalibrés toutes les semaines. Un quantum sensor (DELTA- T Q S) sensible aux radiations actives pour la photosynthèse (P.A.R., 0,4 - 0,7 μm de longueur d'onde) fut monté sur le solarimètre de référence. Les solarimètres furent placés immédiatement au-dessus de la canopée des cultures, la hauteur étant ajustée au fur et à mesure (de 15 cm au début, à environ 50 cm de hauteur à la fin). De faibles différences entre la hauteur des instruments et celle de la canopée étaient inévitables et l'ombrage a pu être mal estimé aux faibles angles d'ensoleillement le matin et le soir.

Les solarimètres furent placés à 1 et 1,75 m des haies de chaque côté. Chaque jour, ils étaient déplacés vers un autre placeau ou un autre côté du couloir pour obtenir deux mesures hebdomadaires par emplacement. Des mesures continues étaient faites pendant un jour de 9h à 16 h et les sorties de l'appareil étaient récupérées électroniquement.

L'évaporation potentielle fut mesurée en 1992 à l'évaporimètre de PICHE constitué par un tube de verre renversé rempli d'eau distillée et fermé à sa partie inférieure par du papier filtre de 3 cm de diamètre. Les positions de mesures étaient les mêmes que pour les solarimètres, mais en raison du nombre supérieur d'instruments, les mesures étaient faites dans toutes les positions simultanément.

RESULTATS

RESULTATS CONCERNANT LE SUIVI DES JACHERES

Phénologie des feuilles d'acacia (thème 1)

On peut tout d'abord tracer les courbes d'évolution de la taille et du nombre de feuilles sur les branches (cf. **Fig. 1**), puis en calculant (à partir des périodes de marquage et de collecte des feuilles à terre) le temps moyen de séjour sur l'arbre des feuilles apparues pendant une période donnée, juger des différences de "durée de vie" des feuilles selon leur date d'apparition (cf. **Fig. 2**).

Biomasse des chutes de débris végétaux (thème 2)

la variabilité (CV % des 6 répétitions) des quantités de "litière" collectée pour une même date et une même espèce est comprise entre 7 et 60% avec une moyenne de 30%. Les périodes de collecte où cette variabilité est élevée correspondent aux périodes de reprises des pluies (mai et octobre) ce qui s'explique vraisemblablement par les bourrasques précédant les orages de début de saison des pluies

La production de "litière" suit à peu près la même dynamique pour toutes les espèces. La représentation des moyennes glissantes sur 3 périodes de collecte des litières (cf. **Fig. 3**) permet de distinguer deux phases de forte production de "litière", correspondant grossièrement aux périodes de sécheresse relative, que séparent deux autres phases où la production est beaucoup plus faible. Pendant les mois de juin et juillet (sécheresse exceptionnelle) des bourrasques précédant les rares épisodes pluvieux et le stress hydrique peuvent expliquer en partie la production élevée de "litière" tandis qu'en décembre et janvier (début de saison sèche dans la zone) les "litières" sont en partie composées par les fruits des diverses espèces testées.

La sommation au cours de l'année permet des compensations entre quantités de "litière" collectée à deux dates successives (cf. tableau II).

Tableau II
Quantité de "litière" collectée à l'échelle de l'année
selon les espèces de légumineuses arborées

ELEMENT	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbeck</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
Qt collectée (Tonnes/ha/an)	7,3 (b)	7,8 (b)	7,4 (b)	8,8 (a)

Dispositif en blocs complets (6 blocs) ETR = 45,21 ; CV = 5,8%.

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newmans-Keuls à P = 0,05.

Composition minérale des chutes de débris végétaux (thème 3)

Principaux résultats de R. OLIVER et F. GANRY, 1994 :

- Les teneurs en azote (cf. Fig. 4) sont beaucoup plus élevées pour les litières de *Leucaena* et *Albizzia* que pour celles des deux espèces d'acacia. Il en est de même pour le phosphore (résultats non donnés ici). La variation des teneurs de ces deux éléments au cours du temps ont des allures très comparables, avec 2 maxima : le premier en début de grande saison sèche et le second au cours de la petite saison pluvieuse. L'augmentation des teneurs en azote des "litières" en octobre et novembre est commune à toutes les espèces testées. Les "litières" d'acacia sont particulièrement pauvres en phosphore, élément qui, selon les analyses de terre est très limitant dans le cas des sols de la région d'Oumé.

Pour *Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis*, la comparaison des compositions minérales des feuilles relativement âgées mais présentes sur les arbres à celles des feuilles venant naturellement de tomber montre que, pendant la période de sénescence, la teneur des feuilles en N, P et K chute de plus de 25 %. Toutefois, ce résultat acquis sur seulement quelques analyses demanderait à être confirmé par une étude systématique.

- Les teneurs en potassium des chutes de "litière" (cf. Fig. 5) varient aussi de façon cyclique au cours du temps ; l'amplitude des variations dépendant fortement des espèces.

Ces teneurs sont les plus basses en cours de saison pluvieuse (juin et fin octobre) et les variations observées pourraient être le fait du pluviollessivage des "litières" entre la chute et la collecte des produits la composant. D'ailleurs, c'est pour la "litière" la plus facilement décomposable (*Leucaena*) que la variation au cours de la saison est la plus marquée.

- Les teneurs en calcium (cf. Fig. 6) ont des évolutions parallèles à celles du magnésium (non citées ici) et qui, au contraire de celles en potassium, sont les plus fortes au moment des épisodes les plus pluvieux.

Le cumul des quantités de "litières" collectées au cours de l'année permet d'évaluer les retombées minérales pour chaque espèce (cf. tableau III). Les analyses n'ayant porté que sur des échantillons moyens, les valeurs observées ne peuvent pas être analysées statistiquement mais certaines différences sont tout de même très nettes. La pauvreté relative des "litières" des deux espèces d'acacias est confirmée. Pour *Albizzia lebbeck* et *Leucaena leucocephala* les apports annuels d'azote sont d'environ 240 kg/ha, ce qui est conséquent si on se réfère aux apports habituels par les engrais.

Tableau III

Retombées minérales annuelles par les "litières" de légumineuses arborées
en kg/ha

ELEMENT	Acacia auriculiformis	Acacia mangium	Albizzia lebbeck	Leucaena leucocephala
N	119	129	232	266
P	2	2	9	10
K	98	71	96	173
Ca	82	71	133	194
Mg	22	17	29	34

Les quantités de phosphore sont comprises entre 5 et 21 kg/ha de P_2O_5 et donc restent relativement faibles, celles de potassium sont comprises entre 85 et 210 kg/ha de K_2O ,

valeurs qui sont certainement sous-estimées car les "pertes" par pluviolessivage des "litières", qui peuvent atteindre des proportions non négligeables dans le cas du potassium, n'ont pas été prises en compte.

Biodégradabilité des chutes de feuilles (thème 4)

L'indicateur de biodégradabilité des produits incorporés est la production nette de CO₂ pour les divers traitements (cf. tableau IV).

Tableau IV
Pourcentage apparent de carbone des feuilles "respiré" en 8 semaines

espèce	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbeck</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
C % "respiré"	26 %	24 %	50 %	39 %

Les feuilles des deux espèces d'acacia sont, selon le critère choisi, beaucoup plus résistantes à la dégradation que celles de *Leucaena leucocephala* et surtout celles d'*Albizzia lebbeck*. Cela traduit certainement des différences de composition de leur parenchyme qu'il serait intéressant de préciser.

Le bilan apparent de production d'azote après 84 jours d'expérience fait apparaître, par rapport au témoin sans incorporation de matière végétale, une immobilisation nette de l'azote du sol dans le cas des feuilles d'acacia et une minéralisation nette pour les 2 autres espèces (cf. tableau V).

Tableau V
 Bilan apparent de l'azote apporté par les feuilles des espèces
 testées en 8 semaines d'incubation

	Témoïn	Acacia auriculiformis	Acacia mangium	Albizzia lebeck	Leucaena leucocephala
N-minéral "lixivié" mg *Kg ⁻¹	120	79	87	226	177
% apparent de miné. de N des feuilles	-	- 15 %	- 14 %	+ 27 %	+ 16 %

Biodisponibilité de l'azote des feuilles d'*Acacia mangium* (thème 5)

Le bilan de la culture pour les divers traitements de l'essai en vases est présenté au tableau VI

Tableau VI
 Biodisponibilité de l'azote des feuilles d'*Acacia mangium*
 Matière sèche (MS/pot en mg), teneur en azote (%N) et abondance isotopique
 de chaque coupe (A %) (valeurs moyennes des 4 répétitions)

TRAIT.	première coupe			seconde coupe		
	MS/pot	%N	A%	MS/pot	%N	A%
NNN	367	4,14	0,3699	446	1,26	0,3685
NNO	339	2,98	0,4025	369	1,27	0,4097
ONN	460	5,46	0,3704	451	1,32	0,3689
ONO	451	4,53	0,3787	322	1,25	0,3986
OOO	430	4,91	0,4431	377	1,26	0,4320

On remarque tout d'abord l'abondance isotopique élevée des plantes cultivées sans apport de matière organique par rapport à l'abondance isotopique naturelle de l'air (⁴) ($\delta^{15}\text{N} = 10,58$ en première coupe et 6,58 en seconde coupe) ce qui indique l'intérêt des méthodes basées sur L'AINA pour quantifier la fixation biologique sur ce terrain, d'autant plus que la baisse de $\delta^{15}\text{N}$ entre les deux coupes, à confirmer dans une expérimentation spécifique, indique une variation dans la nature des pools d'azote "récupéré" par la plante. Les faibles teneurs en N

4 $\delta^{15}\text{N}$: expression de l'abondance isotopique selon les termes du glossaire COMIFER (1987)

observées pour la seconde coupe montrent qu'à ce stade, la demande en azote par la plante est très supérieure à l'offre du sol et donc qu'il n'était pas possible de poursuivre la culture.

Nodulation des légumineuses arborées (thème 6)

La nodulation est très hétérogène et la distribution des nodules est vraisemblablement de type "agrégative", des conditions de milieu très localisées ayant tendance à favoriser le développement de nombreux nodules ou, au contraire, à inhiber leur présence. Sur certains arbres choisis, on n'a observé que de très rares nodules et ce, pour toutes les espèces.

Si l'on excepte la première date (nov. 92) qui a été celle de la mise au point méthodologique, ce suivi a été fait à 5 dates au cours de l'année 1993. Les résultats obtenus permettent, malgré la variabilité considérable, de mettre en évidence des différences dans la nodulation entre les diverses espèces. On peut effectuer un classement des diverses espèces pour le nombre de nodules :

Albizzia lebbeck » *Acacia mangium* ~ *Leucaena leucocephala* »
Acacia auriculiformis

La taille des nodules des acacias augmente fortement après la petite saison sèche. Le pourcentage de prélèvements où l'on a pu détecter des nodules et le nombre moyen de nodules par arbre (calculé en tenant compte du volume de terre théoriquement exploré par chaque arbre) permettent d'apprécier la dynamique annuelle de la nodulation. Pour AA, le nombre de nodules et de carottages "positifs" diminue tout au long de la période suivie ; pour AM et AL, le nombre de nodules semble lié à l'installation des épisodes pluvieux.

L'efficacité biologique des nodules a été appréciée par la mesure de leur capacité à réduire l'acétylène (ARA) par nodule ; dans le cas d'*Acacia mangium* et *Albizzia lebbeck*, elle présente un pic important en début de saison des pluies. Cette activité est plus ou moins soutenue pour toutes les espèces sauf pour *Acacia auriculiformis* pendant toute la saison pluvieuse. Il est, dans ce cas aussi, compte tenu de l'hétérogénéité des mesures, difficile de comparer avec certitude les diverses espèces mais on peut dégager une tendance et classer les espèces quant à l'efficacité "globale" des rhizobiums :

Efficacité/arbre : *Albizzia lebbeck*, *Acacia mangium*, *Leucaena leucocephala*,
Acacia auriculiformis

Efficacité/g de nodule : *Acacia mangium*, *Albizzia lebbeck*, *Leucaena leucocephala*, *Acacia auriculiformis*

Deux espèces se singularisent par rapport aux critères rhizobiologiques, l'une par ses bonnes performances (AL) et l'autre par ses mauvaises (AA) ce qui devrait se traduire par une faible participation de l'azote biologiquement fixé à la satisfaction des besoins de la plante et à l'amélioration du statut azoté du sol pour cette espèce.

Production de bois et exportations minérales (thème 7)

La production de bois est donnée au tableau VII ainsi que quelques caractéristiques concernant la forme des arbres.

Tableau VII

Production totale de bois et caractéristiques des diverses espèces à 6 ans

espèce	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbeck</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
production de bois en tonnes/ha	134	138	68	114
surface terrière moyennes des arbres (cm ²)	120 (b)	188 (a)	70 (d)	103 (c)
taux (%) d'arbres ayant des tiges multiples à 1,30 m	10 % (b)	2 % (a)	13 % (b)	33 % (c)

Dispositif à 6 répétitions et 4 traitements (tiges multiples : CV = 41 % ; surface terrière : CV = 9,6 %).

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à P = 0,05

Les résultats concernant la mobilisation minérale par les troncs et branches de diamètre supérieur à 3 cm (donc exporté de la parcelle) est donné au tableau VIII.

Tableau VIII

Mobilisations minérales par les "gros bois" et "petits bois" des espèces testées (Kg/ha/an)

espèce	Acacia auriculiformis	Acacia mangium	Albizzia lebbbeck	Leucaena leucocephala
N	647	562	475	847
P	50	17	27	21
K	176	214	347	556
Ca	366	238	298	320
Mg	25	23	38	100

D'autre part, des tarifs de cubage et des équations de régression permettant de calculer la teneur en éléments minéraux en fonction de la surface du tronc à hauteur d'exploitation ont été calculés (cf. R. OLIVER et F. GANRY, 1994).

Litière laissée sur le sol après abattage des arbres (thème 8)

Les biomasses de litière sont données au tableau IX.

Tableau IX

Quantités de "mulch" correspondant aux divers type de précédent arboré

ESPECE	Acacia auriculiformis	Acacia mangium	Albizzia lebbbeck	Leucaena leucocephala	Témoin
mulch (tonnes/ha)	11,8 (a)	13 (a)	12,3 (a)	8,1 (b)	6,9 (b)

Dispositif à trois répétitions et cinq traitements. CV = 14,8 %

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman - Keuls à P = 0,05.

L'analyse des résidus collectés sur les diverses parcelles laissées en mulch permet d'apprécier les quantités d'éléments restituées au sol pour les divers types de résidus ; ces quantités sont statistiquement équivalentes (malgré des écart sur les moyennes pouvant être élevés) pour toutes les espèces, y compris celles en jachère naturelle, pour K, Ca et Mg (en moyenne 77 kg/ha K_2O , 109 kg/ha CaO , 33 kg/ha MgO). Les quantités d'azote et de P_2O_5 sont statistiquement différentes selon les espèces (cf. tableau X).

Tableau X
Quantités de N et P_2O_5 contenues dans le mulch avant mise en culture
(moyenne de trois répétitions en kg/ha)

ESPECE	Acacia auriculiformis	Acacia mangium	Albizzia lebbek	Leucaena leucocephala	Témoïn	CV %
N	181 (ab)	218 (a)	174 (ab)	107 (ab)	110 (b)	20,7
P_2O_5	174 (b)	197 (b)	357 (a)	147 (b)	174 (b)	23,0

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à $P = 0,05$

Fertilité du terrain au moment de la remise en culture (thème 9)

Sur les prélèvements de l'essai "légumineuses 87" la plupart des critères de fertilité chimiques (pH, P ass. Olsen III, bases et CEC cobaltihexammine) ne sont pas statistiquement modifiés par la présence de la sole arborée (cf. tableau XI).

Tableau XI
Composition chimique moyenne de l'horizon de surface (0/15 cm) juste après exploitation
de la sole arborée
(critères statistiquement équivalents pour tous les précédents $p = 0,05$)

CRITERE	pH eau	C %	Ca Cob*	Mg Cob*	K Cob*	CEC Cob*	P Olsen mg/kg
moy. CV%	7,16 3,8	1,99 18,9	9,14 22,9	1,65 14,5	0,58 25,9	11,38 21,5	18,7 52,3

* : complexe adsorbant au chlorure de cobaltihexammine ; résultats en $m\acute{e}q \cdot 100g^{-1}$

Ces caractéristiques moyennes sont proches de celles présentées au tableau I page 11. On en retiendra surtout les valeurs faibles de phosphore assimilable. Les coefficients de variation relativement élevés masquent certainement certains effets des précédents arborés, par exemple pour le carbone, la moyenne des teneurs des parcelles AL est de 2,28% alors que celle des

parcelles **AM** n'est que de 1,73% ; pour le phosphore assimilable, les parcelles "témoin" et **AA** ont des teneurs moyennes inférieures à 15 mg/kg alors que celles **AL** et **LL** sont de 22 mg/kg.

Malgré la dispersion des résultats, le type de précédent "arbre" a un effet significatif sur les teneurs en azote du sol (cf. tableau XII).

Tableau XII
Etat de l'azote du sol (en mg/kg) selon les précédents arborés
après exploitation des arbres

REF.	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizia lebbek</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Témoin	CV%
N total hs	1888 (b)	1730 (b)	2387 (a)	2121 (ab)	2124 (ab)	13,4
N-NO ₃ s	31,3 (ab)	21,8 (b)	45,1 (a)	43,4 (a)	37,6 (ab)	35,4
N - Waring s	145 (ab)	109 (b)	166 (a)	133 (ab)	160 (a)	20,7
N hnd hs	1166 (ab)	1117 (ab)	1301 (a)	929 (b)	1043 (b)	13,4

Moyenne de 6 répétitions ; 2 moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à $P = 0,05$. ; s : significatif à $P = 0,05$; hs : significatif à $P = 0,01$

Par rapport au témoin en jachère naturelle, les traitements "albizzia" et "leucaena" permettent de maintenir les teneurs en azote total du sol, tout en assurant une "culture" productive ; les traitements "acacias", eux, appauvrissent le sol. Le fractionnement chimique par hydrolyse acide (B-A. STEWARD et al., 1963 ; C. EGOUMENIDES, 1990) fait apparaître des teneurs en azote hydrolysable non distillable (N hnd) en grande partie d'origine protéique, supérieure pour les parcelles "albizzia". L'azote minéralisable par la méthode de S-A. WARING et J-M. BREMNER (1964) est plus élevé sur les parcelles "albizzia" que sur celles des autres espèces arborées et correspond aux valeurs trouvées sur celles en jachère naturelle. L'ensemble de ces résultats est en accord avec les observations faites sur les retombées par les litières et sur la nodulation des espèces en place.

Nutrition et mobilisation minérale du maïs (thème 10)

Azote. L'effet le plus net sur la qualité de la nutrition azotée du maïs est celui de l'apport d'engrais qui permet, pour toutes les situations, l'obtention d'une teneur en azote des feuilles correspondant à une nutrition azotée correcte. La comparaison des parcelles brûlées et en mulch fait état de teneurs en azote plus élevées sous brûlis, ce que l'on peut expliquer aisément par l'état des éléments apportés par la litière pour ces deux types de couvert (plutôt minéral dans le cas du brûlis et organique dans celui du mulch). L'effet du type de précédent "arbre" est, lui aussi, significatif : La "mauvaise performance" des acacias et tout particulièrement de l'*Acacia auriculiformis* est à noter, la teneur moyenne des traitements sans engrais est alors de 2,60 % N ce qui est nettement au dessous du seuil de carence de 3,1 % que l'on peut admettre avec la méthode d'analyse utilisée. Les mobilisations en azote du maïs après 65 jours de culture sont significativement plus élevées pour les parcelles avec engrais (158 kg/m²) par rapport à celles sans engrais (80 g/m²), elles correspondent alors à celles d'une culture proche de son potentiel de production. Les autres facteurs étudiés n'ont pas d'influence statistiquement décelables par l'analyse en factoriel à 2 niveaux splits. Par contre, si on limite l'analyse aux parcelles en mulch (à cause de l'hétérogénéité du brûlis) on met en évidence un effet de l'espèce arborée sur les mobilisations en azote du maïs (cf. tableau XIII)

Tableau XIII

Azote mobilisé par la culture de maïs (avec mulch) pour les divers précédents arborés
(moyennes des effets)

espèce arborée	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizia lebbek</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Témoin
N mobilisé kg/ha	75 (b)	148 (a)	136 (ab)	112 (ab)	100 (ab)

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Phosphore : Pour cet élément aussi, l'effet de l'apport d'engrais sur la nutrition minérale du maïs est spectaculaire. La nutrition phosphorique du maïs est mieux assurée sous brûlis que sous mulch et l'interaction "couvert"- "engrais" est significative. On ne met pas en évidence de différences statistiquement significatives entre les diverses espèces d'arbres testées ; la teneur des diverses parcelles sans engrais oscille entre 0,18 et 0,24 % P, ce qui correspond dans tous les cas à des situations de carence en Phosphore. Tout comme pour l'azote, on peut

conclure, pour cette première mise en culture à une supériorité du brûlis sur le mulch quant à la qualité de la nutrition phosphorique du maïs.

Potassium : Sauf l'apport d'engrais, aucun des traitements testés ne modifie les teneurs en potassium des feuilles de maïs. Selon les normes d'interprétation, la nutrition potassique du maïs est dans tous les cas satisfaisante.

Calcium et magnésium : Ces deux autres éléments majeurs ont été analysés pour l'établissement du diagnostic foliaire. Les traitements ou leur combinaison sont sans effet sur les teneurs en calcium et magnésium du maïs.

Nous donnons ici les résultats significatifs qui nous semblent les plus intéressants :

- le rendement en pailles et en grains (moyenne des parcelles fertilisées et non fertilisées et brûlées ou "mulchées") a été calculé pour chaque précédent jachère (cf tableau XIV).

Tableau XIV

Effet des précédents arbres sur la production de pailles et de grains du maïs

espèce arborée	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbek</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Témoin
Rdt pailles (tonnes/ha)	6,3 (b)	7,2 (a)	6,9 (ab)	7,2 (a)	6,7 (ab)
Rdt grains (tonnes/ha)	4,5 (b)	5,2 (a)	5,0 (ab)	5,2 (a)	5,3 (a)

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

On remarquera la mauvaise performance des parcelles en *Acacia auriculiformis* dont la production est significativement plus faible que celles des autres (-12% pour la production de grains et -10% pour celle de pailles) ce qui confirme les observations faites sur la fertilité du sol (teneur en azote), le diagnostic foliaire et les mobilisations en azote du maïs.

Le rôle du mode de gestion de la litière (mulch et brûlis) suivant que l'on utilise ou non de l'engrais a été estimé en regroupant tous les précédents jachères (cf. tableau XV).

Tableau XV

Rôle du type de gestion de la litière et effet de l'engrais sur le rendement du maïs

moyennes des diverses parcelles	Rdt grains (tonnes/ha)		Nbre de grains par épis	
	mulch	brûlis	mulch	brûlis
avec engrais	6,2 (a)	5,7 (b)	375 (a)	347 (b)
sans engrais	4,0 (c)	4,3 (c)	280 (c)	294 (c)

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Production du maïs en deuxième culture (thème 12)

Cf tableaux XVI et XVII

Tableau XVI

Effet des précédentes "jachères" sur le rendement en grains du maïs
en 2^{ème} culture (tonnes/ha)

ENGRAIS	Acacia auriculiformis	Acacia mangium	Albizzia lebbek	Leucaena leucocephala	Témoin	ENSEMBLE
avec	3,8 (a)	4,0 (a)	4,2 (a)	4,0 (a)	4,2 (a)	4,0 (a)
sans	2,1 (c)	2,8 (bc)	3,0 (b)	3,5 (ab)	2,9 (b)	2,8 (b)
Moyenne	2,9 (b)	3,3 (ab)	3,6 (ab)	3,8 (a)	3,6 (ab)	3,4

Dispositif factoriel (2) split-plot à 3 blocs. Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à $P = 0,05$; CV 1 % = 16,4 ; CV2 % = 11,2

En absence d'engrais, le niveau de production relativement faible des parcelles ayant été plantées en acacias est confirmé.

Tableau XVII
Effet du type du mulch et du brûlis sur la production du maïs en seconde culture

moyennes des diverses parcelles	Rdt grains (tonnes/ha)		Rdt pailles (tonnes/ha)	
	mulch	brûlis	mulch	brûlis
avec engrais	4,1 (a)	4,0 (a)	7,9 (a)	7,9 (a)
sans engrais	2,6 (c)	3,1 (b)	4,8 (b)	5,4 (b)

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

CV 1 % = 15,6 ; CV 2 % = 8,4, dispositif en factoriel (2) split-plot à 3 blocs.

RESULTATS CONCERNANT LA CULTURE EN COULOIRS

Différences de fertilité du sol dans les différentes parties cultivées du système (thème 13)

Pendant les 3 années d'expérimentation (90-93), les teneurs en N, Mg et K ont décru, probablement par consommation des cultures et lessivage. Les pertes en azote sont généralement observées après coupe de la forêt et mise en culture (AYANABA et al, 1976 ; MUELLER-HARVEY et al, 1989) et les lessivages de Mg et de nitrates sont rapportés dans d'autres sites (PIERI, 1989). Le pH a augmenté, probablement par incorporation des cendres alcalines au sol. La capacité d'échange des cations a également augmentée en relation avec l'évolution du pH et avec la décomposition des résidus forestiers. En 1990, la saturation des bases (> 100 %) montre la présence de cendres solubles provenant de la combustion de la végétation forestière, un an auparavant. Par la suite, celles-ci furent lessivées ou adsorbées par le complexe d'échange, comme le montre la baisse de la saturation des bases.

L'application d'engrais minéral n'a pas d'effet résiduel. Par contre, les pertes de N et de Mg du sol superficiel sont moindres sur les parcelles avec haies. Egalement, la teneur en C décroît dans toutes les parcelles en culture pure et croît sur les traitements agroforestiers. Les effets favorables de la culture en couloirs avec *Gliricidia sepium* sur la teneur en C et N du sol ont été observés dans de nombreux cas (YAMOAH et al, 1986 ; MAZZARINO et al, 1993). La plus faible perte en cations sous culture en couloirs par rapport aux cultures pures est rapportée par LAL (1989) et YAMSOH et al (1986), KUHNE (1993) a mesuré des lessivages plus faibles en N, Mg et K sous culture en couloirs avec *Leucaena leucocephala*

que sous culture pure. Le meilleur équilibre du carbone et des nutriments dans les cultures en couloirs doit montrer une plus faible dépendance vis à vis des apports extérieurs dans le futur et donc une plus grande durabilité du système. Dans cette optique, cet essai montre une supériorité de la culture en couloirs sur la fertilisation minérale.

Les effets favorables de la culture en couloirs ne furent pas observés sur le traitement culture pure avec mulch de gliricidia ; ceci laisse supposer que la réduction de perte de nutriments en agroforesterie n'est pas principalement due au recyclage des nutriments par apport de biomasse aérienne. L'apport de mulch réduit la disponibilité en P, à la fois sur culture pure et en couloirs, probablement en raison de l'absence de brûlis (SERTSU et SANCHEZ, 1978). Egalement, l'apport de biomasse facilement décomposable doit avoir accru l'activité microbiologique du sol (MAZZARINO et *al*, 1993) et ainsi la quantité de P fixée dans la biomasse microbienne. Les effets négatifs du gliricidia sur la disponibilité en P du sol ont également été signalés par YAMOA et *al* (1993).

Les différences constatées entre la culture en couloirs et le simple apport de mulch sans haies pourraient mettre en évidence l'effet améliorateur des racines des haies, mais ceci n'est pas confirmé par le traitement "arrêt des racines" ; en effet, lorsqu'on limite l'accès des racines vers les allées (par des feuilles de plastique), on ne limite pas les effets favorables de la culture en couloirs et même on augmenté le taux de carbone, la C.E.C. et le Ca échangeables dans le sol superficiel. Ceci s'oppose à notre espoir d'obtenir un gain de carbone par le turn-over racinaire. Il est probable que l'apport d'azote (GILLER et WILSON, 1991) et de matière organique facilement décomposable (VOGT et *al*, 1991) au sol, par les racines des haies, a un effet stimulant sur la minéralisation du carbone du sol (HELAL et SAUERBECK, 1986 ; SALLIH ET BOTTFNER, 1988). Ceci expliquerait pourquoi l'effet de l'"arrêt des racines" est surtout visible dans le sous-sol où C et les nutriments sont moins disponibles que dans le sur-sol. Apparemment, l'influence favorable de la culture en couloirs sur les paramètres du sol sont dûs à des effets indirects des haies.

Différences de fertilité du sol entre couloirs et haies (thème 13)

Le P disponible décroît sous les haies et croît dans les couloirs, que ce soit dans les parties fertilisées ou non. Ceci peut s'expliquer par un transfert de P avec les émondes et par une séquestration au niveau des tiges et des racines des arbustes (HAGGAR et *al*, 1991). Le K échangeable décroît également sous les haies, mais son taux dans les couloirs n'est pas augmenté par les transferts de biomasse, probablement par un lessivage rapide de cet élément. Alors que la teneur en K de ce sol reste assez élevée, celle en P est très limitante ; de ce fait,

la capture de ce dernier élément par le système racinaire des haies, puis son transfert sur les couloirs devrait avoir des effets significatifs sur le bilan minéral du système agroforestier dans le futur. Il reste toutefois possible que la baisse du taux de P sous les haies ne contraigne les racines de celles-ci à explorer de plus en plus le sol des couloirs, diminuant ainsi le transfert.

Le Mg échangeable diminue dans tous les traitements et à toutes hauteurs de sol, mais la partie la plus importante est constatée dans le sol des couloirs, probablement en relation avec le lessivage favorisé par les labours et sarclages (minéralisation accélérée).

Production de matière sèche et composition minérale des émondes de haies (thème 14)

La mortalité dans les haies pendant 3 années fut de seulement 6 % confirmant la résistance du *Gliricidia sepium* à l'émondage. La production d'émondes fut inférieure en 1992 par rapport à 1991, certainement en liaison avec la baisse de pluviométrie, l'ombrage du maïs et un émondage tardif en novembre 1991 précédant de peu une saison particulièrement sèche. Ces données habituelles de productivité du gliricidia se situent entre celles observées en 1991 et 1992 (SZOTT et *al*, 1991 . KANG et *al*), bien que des productions bien supérieures aient parfois été rapportées (GHUMAN et LAL, 1990).

Les émondes annuelles (4 coupes) contiennent plus de N et de K, mais moins de P que les apports par les engrais minéraux recommandés par le développement sur deux cultures annuelles (cf. tableau XVIII). La production et le contenu minéral des émondes de haies n'est pas accru par la fertilisation du couloir, certainement car la densité de racines de haies est trop faible dans les couloir pour entrer en compétition avec celles des cultures (SCHROTH et ZECH, 1994). Ceci diffère des résultats trouvés avec des associations réalisées avec des espèces arbustives plus compétitives (FERNANDES, 1990). La participation des branches à l'apport de nutriments par le mulch n'est pas négligeable avec 24 % pour N, 27 % pour P, 45 % pour K et jusqu'à 46 à 54 % pour Zn et Cu respectivement. On doit tenir compte de ceci lorsque les parties ligneuses des émondes sont exportées de la parcelle comme bois de feu, tuteurs... ou pour faciliter les travaux de désherbage et de sarclage.

Tableau XVIII

Application de mulch et d'éléments minéraux par unité de surface cultivée (4 m² pour 1 m de haie), en comparaison avec les taux d'engrais minéraux recommandés. Pour le mulch, les valeurs sont données pour le traitement non fertilisé. Les macro-éléments sont donnés en kg/ha, les micro-éléments en g/ha.

		Total mulch	Feuilles du mulch	N	S	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu
1	Mulch	9002	4164	228	19,8	12,7	187	63,6	20	297	151	59
9												
9	Engrais			69,5		27,5	52,3					
1												
1	Mulch	3374	2108	102	9,3	5,2	79,5	30,9	9,9	129	55	29
9												
9	Engrais			91		35,3	67,3					
2												

Seuls les éléments principaux sont donnés.

Production des cultures de maïs et de riz (thème 15)

La production des cultures fut peu élevée en raison de la faiblesse et de l'irrégularité des précipitations, en particulier au moment de la floraison du maïs. La production de grains de maïs par unité de surface (y compris partie occupée par la haie) est réduite par le système de culture en couloirs, alors que celle de riz n'est pas significativement affectée. Les productions les plus élevées ont été mesurées sur culture pure fertilisée, pendant les deux années consécutives.

La production des lignes de cultures situées à moins de 1 m des haies est réduite par leur ombrage temporaire, mais cet effet peut être réduit par des émondages plus fréquents (SCHROTH, 1994 b). D'autre part, les dégâts de rongeurs sur les semences ont diminué le nombre de plants près des haies (- 25 % pour le maïs) et augmenté le taux de re-semis. Les oiseaux et les souris attaquent de préférence les plants situés près des haies qui leur procurent abri et facilité d'accès aux panicules. Des problèmes de ce type ont été observés sur arachide dans cet essai (SCHROTH, 1994 b) et par LAL (1989 b) et FERNANDES (1990).

Si on ne considère que la partie centrale des couloirs où les effets d'interface ne se font plus sentir (50 % pour le riz et 66 % pour le maïs), la production de riz est significativement améliorée par rapport au témoin, et la même tendance est observée sur maïs (cf. tableau XIX).

Dans le couloir, le maïs a un nombre plus élevé d'épis par pied (1 comparé à 0,92 ; $p < 0,05$), alors que le nombre de plants par ligne, le nombre de grains par épi et le poids sec de 1 000 grains ne sont pas modifiés par les traitements. L'accroissement de production au centre des couloirs ne semble pas lié à l'accès aux éléments minéraux, puisque la fertilisation et le paillis n'ont pas d'effet. L'explication probable serait liée à une humidification du micro-climat (SCHROTH, 1994 b). On peut penser également à un meilleur prélèvement d'eau dans les horizons profonds du sol permis par un meilleur enracinement des cultures, bien que la teneur en eau sur les 50 premiers centimètres de sol diffère peu suivant les traitements (SCHROTH et ZECH, 1994 a).

L'amélioration de la production des deux types de cultures au centre des couloirs montre que les effets positifs des haies y sont plus importants que la compétition. Bien que les racines de gliricidia pénètrent sur tout le couloir, l'arrêt de ces racines n'augmente pas la production des cultures ce qui peut s'expliquer par une faible densité des racines de haies en regard de celles des cultures (SCHROTH et ZECH, 1994 a).

Tableau XIX

Effet de la culture en couloirs, de la fertilisation, de l'apport de mulch et de l'arrêt mécanique des racines sur la production de riz et de maïs (en kg/ha de matière sèche), sur l'ensemble des placeaux et dans les couloirs seuls (en excluant les lignes de pressées le long des haies). Les interactions système/fertilisation ne sont pas significatives

	ENSEMBLE DES PLACEAUX				COULOIRS SEULS
	Culture en couloirs	Engrais	Mulch	Arrêt racines	
Riz	- 47	+ 23	+ 29	- 169	+ 725 *
Paille de maïs	- 194 (*)	+ 90	- 170	- 121	+ 198 (*)
grains de maïs paille	- 384 (*)	+ 313	+ 533 (*)	- 29	+ 218

* = $p < 0.05$; (*) = $p < 0.1$

Effet des traitements sur la composition minérale du maïs (thème 16)

Les analyses foliaires du maïs montrent que N, P, Mg et Zn sont probablement limitant pour sa croissance (cf. tableau XX).

La fertilisation améliore la teneur en P et dans une moindre mesure en N, mais les niveaux pour ces deux éléments restent bas, probablement car la sécheresse réduit leur possibilités d'assimilation par les plantes. Le prélèvement de Mg a certainement été amélioré par la disponibilité en azote et en phosphate de l'engrais (MENGEL et KIRKBY, 1982). Dans les parcelles agroforestières le niveau de Zn a été réduit par la fertilisation, probablement par interaction négative avec le P apporté (MARSHNER, 1986). En culture pure, le niveau de Zn est également bas mais n'est pas diminué par la fertilisation. Une réduction significative de l'indice D.R.I.S. montre une nutrition plus équilibrée du maïs sur les parcelles fertilisées, probablement due à l'apport de P et de K (WALWORTH ET SUMNER, 1987).

La culture en couloirs améliore la nutrition du maïs en N, K, Cu et Zn. L'apport de mulch augmente les teneurs en P des feuilles des traitements non fertilisés avec haies (+ 0,19 g/kg) et sans haies (+ 0,23 g/kg) mais pas lorsque celles-ci ont été améliorées par apport d'engrais. La contradiction entre une amélioration de la nutrition en P du maïs et la réduction de sa disponibilité dans le sol des traitements avec mulch peut s'expliquer par un prélèvement direct dans l'horizon "mulché" et par une amélioration du développement racinaire du maïs sous le mulch (SCHROTH et ZECH, 1994 a). De la même façon, BUDELMAN (1990) avait trouvé une amélioration dans la teneur en K et en N (non significative) des feuilles d'une culture d'ignames amendée par apport de mulch de gliricidia.

Tableau XX

Concentration foliaire en élément et indice DRIS du maïs sur la partie centrale des couloirs et en culture pure, et effets du système de culture, de la fertilisation, du mulch et de l'arrêt mécanique des racines. Les macro-éléments sont donnés en g/kg et les micro-éléments en mg/kg (CP : culture pure ; CC : culture en couloirs ; NF : non fertilisée ; F : fertilisée ; AR : non fertilisée avec arrêt des racines)

	C.P. N.F.	C.P. F.	C.P. Mulch	C.C. N.F.	C.C. F.	C.C. A.R.	Culture en couloirs	Engrais	Mulch	Arrêt racines
N	2,1	25,0	24,3	25,4	25,7	25,1	+ 1,5 *	+ 1.1 *	+ 1.2	- 0.3
P	1,70	2,18	1,93	1,88	2,18	1,91	+ 0,09	+ 0.39 **	+ 0.23 *	+ 0.03
K	28,2	28,5	31,7	30,5	30,1	30,2	+ 2,0 **	- 0.1	+ 3.5 **	- 0.3
Ca	4,26	4,65	3,90	4,34	4,35	4,07	- 0,11	+ 0.20	- 0.36	- 0.27
Mg	1,42	1,55	1,49	1,43	1,50	1,48	- 0,02	+ 0.10 *	+ 0.07	+ 0.05
Cu	7,8	8,0	7,9	8,7	8,5	8,7	+ 0,7 *	+ 0	+ 0.1	+ 0
Mn	55	56	61	54	56	55	- 1	+ 2	+ 6	+ 1
Zn	19	20	23	26	20	25	+ 4 **	- 3 *	+ 4 *	- 1
DRIS	693	548	692	635	563	661	- 22	- 109 **	- 1	+ 26

L'interaction système/engrais est significative pour Zn ($p < 0,05$)

Niveaux de signification : ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$; (*) = $p < 0.1$

Au contraire de la fertilisation minérale, l'apport de mulch (avec ou sans haie) n'a pas d'effet sur l'équilibre minéral du maïs (voir indice DRIS). Ceci peut s'expliquer par une insuffisance de la concentration en P des émondes. si l'apport de N par le mulch correspond au besoin

des trois cultures, P est toujours déficient et Mg n'est suffisant que pour le riz (en raison des faibles besoins de cette culture pour cet élément). Apparemment, les haies sont susceptibles d'accroître la disponibilité de différents éléments pour les cultures, mais, étant donné qu'elles puisent leurs nutriments dans le même sol que les cultures, elles ne peuvent pas "démarquer" leur nutrition de celle du site, caractérisé par une faible disponibilité en P et Mg. Seul un apport extérieur de ces éléments par amendement organique ou minéral pourrait permettre une correction du déséquilibre. L'insuffisance des apports en P des émondes de légumineuses, en regard des besoins des cultures, a été aussi observé dans d'autres sites (SZOTT et *al*, 1991 ; MUSCHLER et *al*, 1993). C'est pourquoi, un apport de P et souvent de Mg aux émondes légumineuses est souvent nécessaire pour améliorer l'équilibre nutritionnel des cultures "mulchées". Au contraire, en raison de la forte teneur en K du mulch, la concentration de l'engrais minéral complémentaire dans cet élément doit être faible, pour éviter les pertes et les actions antagonistes avec Mg, comme cela a été signalé dans le cas d'engrais vert d'herbacées par AHN (1993). Le taux de N doit particulièrement être maintenu bas si l'engrais et le mulch sont appliqués sur une culture de légumineuses (arachides...).

Malheureusement, la combinaison entre apports d'engrais minéral et de mulch semble annihiler les effets favorables de ce dernier sur la nutrition en Zn des cultures, c'est pourquoi il est également nécessaire de compléter l'apport minéral avec cet élément sur les sites où il est déficient.

Accumulation de nutriments dans la végétation de saison sèche (thème 17)

L'accumulation de tous les macro-nutriments dans la biomasse totale de végétation produite durant la saison sèche est plus élevée dans la culture en couloirs qu'en culture pure, malgré une forte variabilité de cette dernière 5CF. tableau XXI). La différence est surtout importante pour N, en raison des hautes concentrations en azote des feuilles de gliricidia (38 g/kg), comparés à 15-22 g/kg pour différentes parties de la flore adventice). Le rôle potentiel de la flore spontanée dans le cycle des éléments est mis en évidence par le fait que, dans les parcelles agroforestières, cette dernière a accumulé une plus forte proportion des éléments rares sur ce site (P, Zn, Mg) que les haies. Ainsi, la flore adventice compense partiellement les insuffisances de la composition minérale des émondes de légumineuses.

L'accumulation plus élevée des éléments dans la biomasse totale pendant la saison sèche dans les parcelles agroforestières où les adventices ne sont pas brûlées avant labour, contribue à n'en pas douter, à l'amélioration des concentrations ultérieures en N et K des feuilles de maïs et aux réductions des pertes du sol en N et Mg.

Tableau XXI

Accumulation de biomasse et d'éléments minéraux dans les haies et la végétation spontanée, dans les parcelles de culture en couloirs et de culture pure non fertilisées en fin de saison sèche 92/93 (moyenne et CV de 2 répétitions)

Vegetation component	Biomasse	N	S	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	CV
	(kg ha ⁻¹)							(g ha ⁻¹)		(%)	
Culture pure	3476	52,5	7,3	6,3	77,2	20,1	9,2	389	95	44	36
Culture en couloirs :											
. Adventices	2664	41,5	6,3	4,6	50,8	16,3	7,4	210	64	31	7
. Haies	2127	44,3	4,3	2,4	40,7	11,1	3,6	84	36	27	19
Total	4791	85,8	10,6	70	91,5	27,4	11,0	294	100	58	12

Production d'arachides (thème 18)

En 1991, la culture d'arachides ne reçut que 203 mm de pluie, avec environ deux semaines sans pluies consécutives au semis. La faible croissance des plantes correspondit à une attaque virale (probablement la rosette verte). En 1992, la culture reçut près du double de pluie (396 mm), 323 mm étant tombés pendant les premiers 40 jours après le semis ; ceci permit une bonne installation initiale, mais la production fut sévèrement réduite par la sécheresse durant la formation des gousses.

Bien que les haies réduisent la partie cultivable de 16 % en 1991 et de 25 % en 1992, seule la production de fanes fut réduite significativement (par unité de surface totale) sur la culture en couloirs en 1992 ; la production de gousses n'étant pas affectée (cf. tableau XXII).

En 1991, le système agroforestier tendait à accroître la production de gousses, bien que la récolte sur les lignes de l'interface haies/cultures (0,7 m de distance des haies) soit diminuée de 68 % par rapport aux lignes centrales, surtout par attaques de rongeurs, comme constaté

ailleurs par LAL, 1989. Ces dégâts avaient réduits le nombre de plants final de 20 % en moyenne et accru le taux de plants ressemés dont la production fut faible ou nulle. En 1992, les dégâts de rongeurs furent réduits, les prédateurs trouvant d'autres sources de nourriture hors de la parcelle et les conditions climatiques favorisant la réussite des ressemis.

Si on ne compte pas la perte de surface au niveau des haies ainsi que les lignes dépressées en 1991 sur l'interface, la culture en couloirs améliore la production de gousses chacune des deux années. En 1992, le nombre de gousses chacune des deux années. En 1992, le nombre de gousses par plant fut significativement supérieur dans les couloirs par rapport aux cultures pures ($p > 0,01$) et fut corrélé étroitement avec la production de gousses ($r^2 = 0,96$). Les traitements n'eurent pas d'effet sur le nombre de plants et sur le poids individuel des gousses. En 1991, l'accroissement de production dans les couloirs était dû également à une récolte par plant supérieure. Ainsi, la culture en couloirs améliore la production d'arachides au centre des couloirs mais, en raison de la perte de surface des haies et des effets d'interface, cette amélioration n'est pas (1992) ou pas clairement (1991) évidente au niveau de la surface totale du système.

En 1992, l'effet favorable de la culture en couloirs était dû au mulch de gliricidia, comme ceci fut démontré sur les parcelles "mulchées" sans haies. Le peu de réponse à la fertilisation minérale suggère que ce n'est pas principalement un problème de nutriments fournis par le mulch, mais plutôt une réduction des effets pathologiques (cf. ci-dessous). La faible compétition des racines de haies (pas de différences significatives en cas de limitation des racines) peut s'expliquer par la faible densité de celles de gliricidia par rapport à celles des arachides dans les couloirs.

Tableau XXII

Effet de la culture en couloirs, de l'apport d'engrais ou de mulch et de l'arrêt mécanique des racines sur la production d'arachide (en kg/ha de matière sèche) sur l'ensemble des placeaux ou sur la partie centrale des couloirs (les interactions système/engrais ne sont pas significatives)

	PLACEAU EN ENTIER				CENTRE DU COULOIR
	Culture en couloirs	Engrais	Mulch	Arrêt racine	
Gousses (1991)	+ 56 (*)	- 13	+ 54	- 5	+ 127 **
Gousses (1992)	+ 47	+ 102	+ 227 *	- 34	+ 214 *
Fanes (1992)	- 318 **	+ 341 **	+ 608 **	+ 184	+ 231 (*)

** = $p < 0.01$; * $p < 0.05$; (*) = $p < 0.1$

Réduction de lumière dans les couloirs (thème 19)

Il n'y a pas d'effet d'ombrage mesurable au centre des couloirs pendant toute la saison de culture. Les haies ont été émondées à 50 cm de hauteur deux jours après semis. L'ombre a été limitée au côté sud des couloirs et commence lorsque la haie a atteint une hauteur et une largeur d'environ 1,2 m. L'extension limitée de l'ombre est en accord avec les modèles radiatifs à dominance de "radiation diffuse supérieure directe" (JACKSON et PALMER, 1989). "L'émondage de forme" réduit l'ombrage pendant quelques temps sans l'éliminer totalement comme l'aurait fait une coupe complète. Les arachides furent récoltées au 92^{ème} jour après semis. Les plantes du côté sud du couloir furent ainsi ombragées pendant la moitié de leur vie, temps pendant lequel l'ombrage fut en général inférieur à 15 % du PAR ; leur production en gousses ne fut pas affectée, l'arachide étant peu sensible à l'ombrage à maturité (RAO et MITTRA, 1988) alors que la production de fanes fut réduite à l'interface, ceci étant probablement dû à des effets indirects de l'ombre sur les maladies foliaires (cf. ci-dessous).

Réduction de l'ETP dans les couloirs (thème 20)

Environ 3 semaines après l'émondage, lorsque les haies eurent atteint une hauteur et une largeur de 70 cm, l'ETP dans les couloirs chuta sous sa valeur mesurée dans les cultures en plein ; ceci, 20 jours avant que les effets d'ombrage puissent être mesurés (cf. Fig. 8). Dans la partie centrale des couloirs, l'ETP s'est maintenue à 90 % de celle de la culture en plein, depuis la 7^{ème} semaine jusqu'à la récolte.

Les mesures à 1,75 et à 2,5 m de la haie diffèrent peu entre elles. Alors que l'ETP était seulement réduite de 20 % sur l'interface nord, elle tomba à 60 % des valeurs du témoin, peu avant la récolte, du côté sud du couloir. La réduction d'ETP dans des zones peu ou pas ombragées du couloir peu s'expliquer par la réduction de la vitesse du vent et par le plus faible déficit hydrique de l'air dû à la transpiration des haies (SINGH et *al*, 1989, MONTEITH et *al*, 1991). Le taux d'humidité du sol fut similaire sous tous les traitements, c'est pourquoi la réduction d'ETP dans les couloirs y a amélioré l'économie d'eau des cultures.

Effet de la culture en couloirs et du mulch sur les maladies de l'arachide (thème 21)

En 1992, deux maladies fongiques se développèrent rapidement environ 40 jours après semis : la rouille (*Puccinia arachidis* Speg.) et la cercosporiose (*Phaeoisariopsis personata*, Berk. et Curt.) V. Arx, qui furent identifiées par l'examen des symptômes macroscopiques (PORTER et *al*, 1984 ; BOSC et BONKOUNGOU, 1990). A la récolte, les cultures en plein non fertilisées comprenaient environ 50 % de plants nécrosés ou défoliés. Les degrés d'attaque étaient bien inférieurs dans les parcelles mulchées ou en couloirs. La fertilisation minérale avaient également réduit les dégâts mais beaucoup moins que le mulch de gliricidia. Ceci montre cependant qu'une partie de l'"effet mulch" peut être dû à une amélioration de l'apport minéral.

Les maladies fongiques foliaires infestent les arachides à partir de résidus de culture ou du sol (PORTER et *al*, 1984 ; BOSC et BONKOUNGOU, 1990) et l'effet protecteur du mulch peut être partiellement dû au frein mécanique qu'il exerce sur la dissémination des spores par le vent et la pluie. D'autre part, INOSTROSA et FOURNIER (1982) suggèrent que le mulch de gliricidia pourrait avoir un effet fongicide : des extraits aqueux de feuilles de gliricidia contiennent des substances phénoliques comme l'acide protocatechuique (RAMAMOORTHY et PALIWAL, 1993) ayant des propriétés fongicides (WALKER et STAHMANN, 1955).

L'effet positif du mulch permet de ne pas brûler les résidus de récolte, bien que ce brûlis soit recommandé pour réduire les infestations de maladies foliaires (FROHLICH, 1974).

Cependant, si le développement des maladies fut réduit par le mulch dans le centre des couloirs, il fut augmenté sur la première ligne à partir des haies, en particulier du côté sud, certainement en raison de conditions micro-climatiques plus humides et du dessèchement matinal des feuilles plus lent. Les défoliations ont entraîné une baisse de production de fanes sur la culture en plein non fertilisée et sur les deux côtés des allées, en particulier au sud. Les maladies foliaires ont aussi contribué à réduire le nombre de gousses par plant sur les traitements sans mulch. Par contre, il n'y a pas eu de différence de production de gousses à l'intérieur des couloirs ; il en aurait sans doute été autrement au cours d'une année plus humide, si la production d'arachides avait été moins limitée par la sécheresse et si la réduction de photosynthèse par destruction des feuilles avait été plus sensible.

En 1991, une raison de l'amélioration de production dans les couloirs fut probablement la limitation du stress causé par la sécheresse. D'autre part, la perte de croissance due aux maladies virales (rosette) était visiblement moins sévère dans les couloirs qu'en culture en plein, soit que les haies réduisent la transmission des maladies, soit que le système augmente la résistance des plantes. En résultat, la production de gousses était plus que doublée au centre des couloirs par rapport à la culture en plein. Le gliricidia est un hôte alternatif de *Aphis craccivora* (PATEL et PATEL, 1971 ; DAVIES, 1972) principal vecteur du virus de la rosette. Un effet des haies sur le comportement des insectes vecteurs semble lié au feuillage plus "juteux" de la haie qui les détournent de l'arachide, comme cela a été aussi constaté avec du maïs ou des adventices (ALLEN, 1983).

Les litières sont carencées dans les mêmes éléments que le sol

Les apports minéraux des "litières" tombées au cours d'une année sont loin d'être négligeables (sauf pour le phosphore, élément d'ailleurs très limitant dans les sols de cette parcelle) et correspondent aux mobilisations minérales d'une culture de maïs pour les acacias, ou de deux pour *Acacia lebbeck* et *Leucaena leucocephala*. Le cumul de 6 années de jachère arborée suffirait **théoriquement** à assurer de nombreuses années de cultures post-jachère. Il faut cependant se garder de tomber dans ce calcul simpliste. En effet, on ignore quelle partie de ces retombées est remobilisée au fur et à mesure par les enracinements des arbres. Le bilan global de fixation ou de remontée d'éléments minéraux par les arbres ne peut être estimé que par une étude de l'évolution des sols tout au long de la jachère.

Les retombées de litière maintiennent l'activité biologique du sol

En fait, le rôle le plus important des retombées de "litière" à partir des légumineuses arborées est certainement la modification des propriétés physiques et le maintien d'une activité biologique conséquente liée à l'intégration au sol d'environ 8 à 9 tonnes/ha/an pour toutes les espèces testées.

En effet, le prélèvement de litière, effectué sur une surface de 1 m² au moment de la mise en place des essais vivriers, donc qui intègre les produits issus de l'exploitation de la parcelle arborée, situe les quantités de matière organique présentes sur les parcelles entre 10,2 et 4,4 tonnes/ha/an selon l'espèce d'arbre, ce qui montre qu'il n'y a pas eu d'accumulation de matière organique "non décomposée" au cours des 6 années de présence des légumineuses arborées sur le terrain.

La biodégradabilité des litières varie avec l'espèce d'arbre

Ces différences de biodégradabilité sont signalées par D.O. NIAMAY (1991) qui souligne la forte dégradabilité des résidus de *Leucaena leucocephala* parmi ceux qu'il a étudiés. De même, BUDELMAN (1988) dans une expérience de décomposition *in situ* en Côte d'Ivoire a calculé la demi-vie de mulchs de différentes espèces et la relie à la "digestibilité" *in vitro* par les techniques de caractérisation des fourrages. R-C. GUTTERIDGE (1992) dans une expérience en pots, met en cause la présence de tanins dans les mulchs d'*Acacia cunninghamii* et de *Calliandra calothyrsus* pour expliquer la faible réponse du maïs.

Dans notre expérience, les feuilles utilisées présentaient un rapport C/N très différent selon les espèces (18 et 21 pour les acacias et 12 à 13 pour les deux autres espèces) et les produits les plus rapidement "biodégradés" sont ceux à faible rapport C/N, soulignant ainsi l'importance de la nature chimique des matières premières dans le processus de minéralisation de la matière organique.

La différence de rapport C/N et/ou de nature des produits composant les feuilles conduit donc à des résultats très différents quant aux conséquences de l'enfouissement des matières végétales sur la dynamique de l'azote. Dans un cas (*albizzia* et *leucaena*), on augmente les quantités d'azote minéral en solution, donc la possibilité d'utilisation par les plantes mais aussi celles de lixiviation et par voie de conséquence d'acidification à long terme, tandis que dans l'autre (acacias), on diminue la capacité du sol à fournir de l'azote aux plantes mais aussi, on augmente, peut-être, les réserves d'azote du sol utilisables à moyen terme.

L'incorporation de feuilles d'*Acacia mangium* dans le sol réduit la biodisponibilité d'azote

L'analyse statistique portant sur les données individuelles de l'essai (non citées ici) met en évidence une immobilisation nette de l'azote du fait de l'incorporation des feuilles d'*Acacia mangium*, qui se traduit par un effet dépressif sur les quantités de matière sèche produite et surtout d'azote mobilisé par la culture, que ce soit de l'azote total ou qu'il provienne de ^{15}N (sol et/ou feuilles d'*Acacia mangium*). Cet effet dépressif de l'enfouissement de matières végétales à rapport C/N élevé, est supérieur au seuil critique compris entre 20 et 25 signalé par Y. DOMERGUES et F. MANGENOT (1970) au delà duquel apparaît le phénomène de faim d'azote.

Ce test en vases de végétation, démontre la nécessité, pour gérer avec efficacité la récupération de l'azote contenu dans les "litières" apportées au sol par une légumineuse arborée, de connaître les dynamiques respectives de l'offre en azote disponible par la dégradation des matières végétales provenant des arbres et de la demande en azote des cultures mises en place sur le terrain.

éléments minéraux. Contre toute attente, la teneur en azote est moins élevée sous les acacias que sous le témoin "jachère spontanée".

Cependant, il reste de l'azote dans les litières, c'est pourquoi un bilan global est très difficile à réaliser.

Retenons que la plantation d'une légumineuse arborée sur ce type de sol permet de conserver des caractéristiques chimiques de fertilité proches de celles d'une jachère naturelle (mais pas vraiment supérieures comme cela est trop souvent dit), tout en assurant une production de bois valorisable.

L'apport minéral des litières reste faible par rapport aux besoins théoriques des cultures

Le rapprochement des quantités d'éléments minéraux mobilisés par la culture du maïs de celles apportées par la litière (ou son brûlis) lors de l'exploitation des arbres montre que :

- . les quantités d'azote mobilisées par une culture fertilisée sont supérieures à celles apportées par la litières des espèces les moins performantes de légumineuses arborées ; ces mobilisations sont légèrement inférieures aux apports des légumineuses arborées les plus performantes. Dans le cas des parcelles non fertilisées, l'azote des résidus laissés sur le terrain après l'exploitation des arbres correspond aux quantités mobilisées par 2 à 3 cultures successives ;
- . les quantités de potassium et de phosphore laissées par les arbres sont généralement inférieures à celles prélevées par le maïs en parcelles fertilisées. En parcelles non fertilisées, les quantités de phosphore apportées et prélevées sont similaires.

Conserver les résidus de récolte sous forme de mulch valorise la fumure minérale

En première campagne de maïs, par rapport au brûlis, le mulch induit une valorisation de la fertilisation minérale dont l'explication pourrait être trouvée dans l'amélioration des conditions d'alimentation hydrique de la plante, l'augmentation de la production étant le fait de celle du nombre de grains par épis ; en revanche, sans fertilisation minérale une tendance inverse est observée (disponibilité immédiate des éléments minéraux). Il y a donc une certaine discordance entre les résultats du diagnostic foliaire du maïs où les teneurs les plus favorables étaient toujours le fait des parcelles brûlées, et le verdict de la production de

grains où le résultat le plus frappant est la valorisation des apports d'engrais par la pratique du mulch.

Les résultats sont confirmés en deuxième culture

Tout comme pour la première culture, les parcelles en mulch valorisent mieux l'apport d'engrais, aussi bien pour les pailles que pour les grains. Cet effet du mulch sur l'efficacité de l'engrais est signalé par M. BERNARD et *al.* (1992) qui étudient l'effet d'un mulch de *Cassia siamea* sur la production d'un maïs au Bénin.

Dans cet essai, la faible contribution directe des racines des haies au turn-over racinaire total dans les couloirs (SCHROTH et ZECH, 1994 b) et les faibles effets de l'arrêt des racines, ne militent pas en faveur d'une participation importante des racines de haies dans le maintien de la fertilité du couloir, si bien qu'il n'est pas grave de limiter encore celles-ci par un écartement plus grand. Les explications possibles de l'amélioration de la fertilité du sol par les haies incluent les suivantes :

- La biomasse et la profondeur-racinaire plus élevées et l'augmentation de l'accumulation de nutriments dans la végétation de saison sèche peuvent réduire les lessivages d'éléments minéraux ;
- L'ombrage des couloirs par les haies durant la saison sèche peut limiter l'échauffement du sol et réduire les flux de minéralisation et donc les pertes par lessivage à l'installation des pluies ;
- La productivité plus élevée des cultures dans les couloirs peut avoir amélioré le taux de C dans le sol.

L'effet "culture en couloirs" peut être amélioré par des associations entre cultures annuelles et pérennes

Les effets des haies sur le micro-climat et sur les mauvaises herbes pourraient décroître dans les couloirs plus larges. Cependant, une couverture permanente du sol et la réduction des extrêmes climatiques peut aussi être atteint par des associations de culture qui incluent des plantes à cycles plus longs comme le manioc, le bananier, le pois d'angole, le café ou le cacao. Ces plantes ont aussi le potentiel de réduire les pertes de nutriments grâce à leur système racinaire permanent (SEYFRIED et RAO, 1991 ; KUHNE, 1993), mais la compétition avec les cultures à cycle court est plus facilement acceptable par les agriculteurs. Une possibilité pour combiner les avantages de la culture en couloirs et les associations permanentes de cultures pourrait être d'installer ces dernières en larges couloirs et d'appliquer le mulch sur les cultures qui répondent le mieux.

L'engrais minéral restera en général nécessaire

Dans cet essai, il n'y a pas eu de réponse à l'application d'engrais minéral, probablement car le facteur limitant de la croissance était le manque d'eau. Cependant, en vue d'équilibrer l'apport de nutriments par les mulchs et la demande des cultures, ainsi que pour compenser

d'engrais minéraux dont la composition doit être adapté au type de sol et au type de culture pratiqué (espèces de cultures et d'arbres, sans exclure l'apport d'azote même, si on utilise les légumineuses arborées). De même, pour la rénovation des vergers de cacao, on peut proposer une jachère courte de légumineuses arborée suivi d'un défrichage en couloirs larges (10 à 20 m) et la mise en place dans ces couloirs de cultures associées à récolte étagée (céréales -tubercules - bananiers - café ou cacao). Dans l'état actuel de nos connaissances, ces systèmes ne présentent pas de danger et doivent contribuer à améliorer l'état hydrique du micro-climat et du sol ainsi que le statut organique de ce dernier.

- **BOSC J.P., BONKOUNGOU**, 1990, Rouille et cercosporioses de l'arachide. Arachide Infos 3 : 13-15.
- **BUDELMAN A.**, 1990, Woody legumes as live support systems in yam cultivation II. The yam-Gliricidia sepium association. Agrofor Syst. 10 : 61-69.
- **CATTAN P., SCHILLING R.**, 1991, Les systèmes arachidières dans les zones de savanes ouest-africaines. In : Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Actes de Rencontres Internationales, Montpellier, 10-14 Dec 1990, pp 145-171. Paris, Ministère de la Coopération et du Développement.
- **CHAMINADE R.**, 1965, Bilan de trois années d'expérimentation en petits vases de végétation. Mise au point technique. Résultats, in "L'agronomie tropicale n° 11, IRAT, Nogent-sur-Marne, France, pp. 1101-1162.
- **CONNEL J.H. et SLATYER R.O.**, 1977, Mechanism of succession in natural communities and their roles in community stability and organization. Amer. Natur., III, USA. pp. 1119-1144.
- **COX F.R.**, 1978, Effect of quantity of light on the early growth and development of the peanut. Peanut Sci 5 : 27-30.
- **DABIN B.**, 1967, Analyse du phosphore assimilable dans les sols tropicaux. Cah. ORSTOM série Pédol. 5, Paris, France, pp. 278-286.
- **DAVIES J.C.**, 1972, Studies on the ecology of *Aphis craccivora* Koch (Hem., Aphididae), the vector of rosette disease of groundnuts, in Uganda. Bull. Entomol. Res 62 : 169-181.
- **DISSART J.C.**, 1994, Mémoire ENSAT, Toulouse, France.
- **DOMMERGUES Y., MANGENOT F.**, 1970 - Ecologie microbienne des sols. Masson, Paris, France, 795 p.
- **DUGUMA B., KANG B.T., OKALI D.U.U.**, 1988, Effect of pruning intensities of three woody leguminous species grown in alley cropping with maize and cowpea on an alfisol. Agrofor Syst. 6 : 19-35.

- **DUPUY B., N'GUESSAN KAMGA A.**, 1990 - La sylviculture de l'*Acacia mangium*, in Bois et Forêts des Tropiques n° 225, Nogent-sur-Marne, France, pp. 24-32.
- **EGOUMENIDES C.**, 1990 - Fractions de l'azote organique dans les sols tropicaux et fertilité azotée in Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales, IRAT, Montpellier, pp. 317-321.
- **ELWALI A.M.O., GASCHO G.J., SUMNER M.E.**, 1985, DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. Agron J. 77 : 506-508.
- **FALLAVIER P., BABRE D., BREYSSE M.**, 1985, Détermination de la capacité d'échange cationique des sols tropicaux acides, in Agronomie tropicale n° 40, IRAT, Nogent-sur-Marne, France, p. 298-308.
- **FAO/UNESCO**, 1990, Soil map of the world, revised legend. Rome, 119 pp.
- **FERNANDES E.C.M.**, 1990, Alley cropping on acid soils. Ph.D. Dissertation. Raleigh, North Carolina State University, 157 pp.
- **FLORET C., PONTANIER R., SERPANTIE G.**, 1993, La jachère en Afrique Tropicale. Dossier MAB 16, UNESCO, Paris, France, 86 p.
- **FRÖHLICH G.**, 1974, Pflanzenschutz in den Tropen. Zürich, Harri Deutsch, 526 pp.
- **FUJISAKA S.**, 1993, A case of farmer adaptation and adoption of contour hedgerows for soil conservation. Expl Agric 29 : 97-105.
- **GILLER K.E., WILSON K.J.**, 1991, Nitrogen fixation in tropical cropping systems. Wallingford, CAB International, 313 pp.
- **GIRI J.**, 1983, Le Sahel demain, catastrophe ou reconnaissance ? Karthala, Paris, France, 325 p.
- **GNAHOUA G.M.**, 1993, Mémoire DESS, Créteil, France.

- **GHUMAN B.S., Lal R.**, 1990, Nutrient addition into soil by leaves of *Cassia siamea* and *Gliricidia sepium* grown on an ultisol in Southern Nigeria. *Agrofor Syst* 10 : 131-133.
- **GREEN C.F.**, 1987, Nitrogen nutrition and wheat growth in relation to absorbed solar radiation. *Agric For Meteorol* 41 : 207-248.
- **GUILLAUMET J.L., ADJANOHOUN E.**, 1971, La végétation de la Côte d'Ivoire. *Mémoires ORSTOM*. 50. 157-263.
- **GUTTERRIDGE R.C.**, 1992, Evaluation of the leaf of the range of tree legumes as a source of nitrogen for crop growth, in *Experimental agriculture n° 28*, Lupton, Southwold, Royaume-Uni.
- **HAGGAR J.P., WARREN G.P., BEER J.W. AND KASS D.**, 1991, Phosphorus availability under alley cropping and mulched and unmulched sole cropping systems in Costa Rica. *Plant Soil* 137 : 275-283.
- **HAGGAR J.P., TANNER E.V.J., BEER J.W., KASS D.C.L.**, 1993, Nitrogen dynamics of tropical agroforestry and annual cropping systems. *Soil Biol Biochem* 25 : 1363-1378.
- **HARDY R.W.F., HOLSTEN R.D., JACKSON E.K., BURNS R.C.**, 1968, The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation : Laboratory and field evaluation - *Plant Physiol.* 43 : p. 1185-1207.
- **HELAL H.M., Sauerbeck D.**, 1986, Effect of plant roots on carbon metabolism of soil microbial biomass. *Z. Pflanzenernähr Bodenk* 149 : 181-188.
- **INOSTROSA S.I., FOURNIER O.L.A.**, 1982, Efecto alelopático de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud (madero negro). *Rev. Biol. Trop.* 30. 35-39.
- **JACKSON J.E.**, 1989, Tree and crop selection and management to optimize overall system productivity, especially light utilization, in agroforestry. In : Reifsnnyder W.E and Darnhofer T.O., eds. *Meteorology and agroforestry*, pp. 163-173. Nairobi, International Council for Research in Agroforestry.

- **JACKSON J.E., PALMER J.W.**, 1989, Light availability at the tree/crop interface. In : Reifsnyder W.E. and Darnhofer T.O., eds. Meteorology and agroforestry, pp 391-400. Nairobi, International Council for Research in Agroforestry.
- **JONES J.B., ECK H.V., VOSS R.**, 1990, Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In Westerman R.L. ed, Soil testing and plant analysis, pp 521-547. Madison, Soil Science Society of America.
- **KANG B.T., WILSON G.F., SIPKENS L.**, 1981, Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam) in southern Nigeria. Plant Soil 63 : 165-179.
- **KANG B.T., REYNOLDS L., ATTA-KRAH A.N.**, 1990, Alley farming. Adv Agron 43 : 315-359.
- **KERKHOF P.**, 1990, Agroforestry in Africa - a survey of project experience. Panos, Londres, Angleterre, 216 p.
- **KOFFI AKPAGANA et al**, 1993, Répartition géographique d'une plante adventice introduite au Togo : *Chromolaena odorata*, in Cahiers Agricultures, 1993-2, Paris, France, pp. 280-281.
- **KOUSALYA G., AYYAVOO R., BHASKARAN S., KRISHNAMURTHY C.S.**, 1970, Rosette disease of groundnut - transmission studies. Madras Agric J. 57; 172-178.
- **KOWAL J.M., KASSAM A.H.**, 1978, Agricultural ecology of savanna. Oxford, Clarendon Press, 403 pp.
- **KRANZ J., SCHMUTTERER H., KOCH W. (eds)**, 1977, Diseases, pests and weeds in tropical crops. Berlin, Paul Parey, 666 pp.
- **KÜHNE, R.F.**, 1993, Wasser- und Nährstoffhaushalt in Mais-Maniok-Anbausystemen mit und ohne Integration von Alleekulturen ("Alley cropping") in Süd-Benin. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 13. Stuttgart, Universität Hohenheim, 244 pp.
- **LAL R.**, 1989 (a), Agroforestry systems and soil surface management of a tropical alfisol : III. Changes in soil chemical properties. Agrofor Syst 8 : 113-132.

- **LAL R.**, 1989 (b), Agroforestry systems and soil surface management on a tropical alfisol. I. Soil moisture and crop yields. *Agrofor Syst* 8 : 7-29.
- **LAL R.**, 1991, Myths and scientific realities of agroforestry as a strategy for sustainable management for soils in the tropics. *Adv Soil Sci* 15 : 91-137.
- **LITTLE T.M., HILLS F.J.**, 1978, Agricultural experimentation. New York, John Wiley and Sons, 350 pp.
- **LECOMTE P.**, 1990, Place et intégration de l'arbre dans l'exploitation agricole du centre-ouest. Mémoire du CNEARC, Montpellier, France, 108 p.
- **LOUE A.**, 1965, Le diagnostic foliaire du maïs (méthodologie, état actuel des connaissances, utilisation) Inst. Int. Potasse 4ème Colloque, Belgrade, Yougoslavie, pp. 105-116.
- **MARSHALL B. ; WILLEY R.W.**, 1983, Radiation interception and growth in an intercrop of pearl millet/groundnut. *Field Crops Res.* 7 : 141-160.
- **MARSCHNER H.**, 1986, Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 674 pp.
- **MATTHEWS R.B., LUNGU S., VOLK J., HOLDEN S.T., SOLBERG K.**, 1992, The potential of alley cropping in improvement of cultivation systems in the high rainfall areas of Zambia II. Maize production. *Agrofor Syst.* 17 : 241-261.
- **MAZZARINO M.J., SZOTT L., JIMENEZ M.**, 1993, Dynamics of soil total C and N, microbial biomass, and water-soluble C in tropical agroecosystems. *Soil Biol Biochem* 25 : 205-214.
- **MENGEL K., KIRKBY E.A.**, 1982, Principles of plant nutrition. Worblaufen-Bern, International Potash Institute, 655 pp.
- **MINISTERE DE LA COOPERATION ET DU DEVELOPPEMENT**, 1991, Mémento de l'agronome. Paris, 1635 pp.

- **MITJA D. et PUIG H.**, 1993, Essartage, culture itinérante et reconstitution de la végétation dans les jachères de savane humide de Côte d'Ivoire, *in* La jachère en Afrique de l'ouest, édition de l'ORSTOM, Paris, France, pp. 377-392.
- **MONTEITH J.L., ONG C.K., CORLETT J.E.**, 1991, Microclimatic interactions in agroforestry systems. *For Ecol Manage* 45 : 31-44.
- **MOREAU R.**, 1993, Influence de la mise en culture et de la jachère forestière sur l'évolution des sols forestiers tropicaux, *in* La jachère en Afrique de l'ouest. Collection de l'ORSTOM, Paris, France. pp. 245-256.
- **MUELLER-HARVEY I., JUO A.S.R., WILD A.**, 1989, Mineralization of nutrients after forest clearance and their uptake during cropping. In : Proctor J., ed; Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems, pp 315-324. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- **MULONGOY K., KUNDA K.N., CHIANG C.N.K.**, 1993, Effect of alley cropping and fallowing on some soil fertility parameters in southern Nigeria. In : Mulongoy K. and Merckx R., eds, Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture, pp 47-55. Chichester, John Wiley and Sons.
- **MUSCHLER R.G., NAIR P.K.R., MELENDEZ L.**, 1993, Crown development and biomass production of pollarded *Erythrina berteroana*, *E. fusca* and *Gliricidia sepium* in the humid tropical lowlands of Costa Rica. *Agrofor Syst* 24 : 123-143.
- **NAIR P.K.R.**, 1993, An introduction to agroforestry. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 499 pp.
- **N'GUESSAN KANGA A.**, 1991, Contribution à l'étude de méthodes de régénération des jachères en basse Côte d'Ivoire : le cas de l'*Acacia mangium*, thèse de doctorat-ingénieur. Faculté des Sciences et Techniques, Abidjan, Côte d'Ivoire, 132 p.
- **NIAMAY D.O.**, 1992, Investigations on decomposition of foliage of woody species using a perfusion method, *in* plant and soil, Kluwer, Wageningen, Hollande, p. 239-245.
- **NORMAN M.J.T., PEARSON C.J., SEARLE P.G.E.**, 1984, The ecology of tropical food crops. Cambridge, Cambridge University Press, 369 pp.

- **OLIVER R.**, 1984, Etude comparative de deux méthodes d'extraction et de dosage des bases et de la capacité d'échange sur les sols du Sénégal. *Agron Trop* 39 : 14-21.
- **OLIVER R. et GANRY F.**, 1994, Etude des modifications de fertilité induites par une jachère arborée. Ministère de la Recherche et de la Technologie et CIRAD-CA, Montpellier, France, 30 p.
- **PATEL R.M., PATEL C.B.**, 1971, Factors contributing to the carry over of groundnut aphid (*Aphis craccivora* Koch.) through the off season in Gujarat. *Indian J Ent* 33 : 404-410.
- **PELTIER R.**, 1990, Rapport de mission en Côte d'Ivoire. CIRAD-CTFT, Nogent-sur-Marne, France, 26 p.
- **PELTIER, R. et MALLET B.**, 1994, Sylviculture paysanne pour l'approvisionnement en bois des villes du golfe de Guinée. Note bibliographique sur la contribution du CIRAD-Forêt et proposition de Recherche-Action dans le cas d'Abidjan, CIRAD-Forêt, Nogent-sur-Marne, France, 6 p.
- **PELTIER R. et EYOG-MATIG O.**, 1988, Les essais d'agroforesterie au Nord Cameroun, *in* Bois et Forêts des Tropiques n° 217, Nogent-sur-Marne, France. pp. 3-31.
- **PELTIER R. et BALLE PITY**, 1993. De la culture itinérante sur brûlis au jardin agroforestier, en passant par les jachères enrichies *in* Bois et Forêts des Tropiques n° 235, Nogent-sur-Marne, France. pp. 49-57.
- **PELTIER R. et al**, 1993, Les fronts pionniers soudaniens, *in* Bois et Forêts des Tropiques n° 236, Nogent-sur-Marne, France. pp. 5-23.
- **PIERI C.**, 1989, Fertilité des terres de savanes. Ministère de la Coopération CIRAD-IRAT, Paris, France, 444 p.
- **PORTER D.M., SMITH D.M., RODRIGUEZ-KABANA R.** (eds), 1984, Compendium of peanut diseases. St. Paul, American Phytopathological Society, 73 pp.

- **RAMAMOORTHY M., PALIWAL K.**, 1993, Allelopathic compounds in leaves of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. and its effect on *Sorghum vulgare* L.J Chem Ecol 19 : 1691-1701.
- **RAO L.J., MITTRA B.N.**, 1988, Growth and yield of peanut as influenced by degree and duration of shading. J. Agron Crop Sci 160 : 260-265.
- **RAO M.R., ONG C.K., PATHAK P., SHARMA M.M.**, 1991, Productivity of annual cropping and agroforestry systems on a shallow Alfisol in semi-arid India. Agrofor Syst 15 : 51-63.
- **REHM S., ESPIG G.**, 1984 Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2nd edn. Stuttgart, Eugen Ulmer, 504 pp.
- **ROUW A. de**, 1993, Influence du raccourcissement de la jachère sur l'enherbement et la conduite des systèmes de culture en zone forestière in La jachère en Afrique de l'ouest. Collection de l'ORSTOM, Paris, France. pp. 257-266.
- **SALLIH Z., BOTTNER P.**, 1988, Effect of wheat (*Triticum aestivum*) roots on mineralization rates of soil organic matter. Biol Fertil Soils 7. 67-70.
- **SARRAILH J.M.**, 1991, L'évolution du milieu après déforestation, in Bois et Forêts des Tropiques n° 227, Nogent-sur-Marne, France, pp. 31-35.
- **SCHROTH et al**, (sous presse), Alley cropping with *Gliricidia sepium*, effects on soil conditions, plant nutrition and crop yield, Agro-forestry system, Nairobi, Kenya.
- **SCHROTH G.**, 1994 (a), Above- and below-ground interactions in alley cropping with *Gliricidia sepium* as compared to conventional and mulched sole cropping in the West African rainforest zone. Ph.D. Dissertation. Bayreuth (Germany), University of Bayreuth, 184 pp.
- **SCHROTH G.**, 1994 (b), Alley cropping groundnut with *Gliricidia sepium* : effects on yields, microclimate and crop diseases (submitted)

- **SCHROTH G., ZECH W.**, 1994 (a), Root length dynamics in agroforestry with *Gliricidia sepium* as compared to sole cropping in the semi-deciduous rainforest zone of West Africa. Plant Soil (in press)
- **SCHROTH G., ZECH W.**, 1994b, Above- and below-ground biomass dynamics in a sole cropping and an alley cropping system with *Gliricidia sepium* in the semi-deciduous rainforest zone of West Africa (submitted)
- **SEBILLOTTE M.**, 1993, La jachère dans les systèmes de culture : éléments pour une théorie *in* la jachère en Afrique de l'ouest. Collection de l'ORSTOM, Paris, France. pp. 89-112.
- **SERTSU S.M., SANCHEZ P.A.**, 1978, Effects of heating on some changes in soil properties in relation to an Ethiopian land management practice. Soil Sci Soc Am J 42 : 940-944.
- **SEYFRIED M.S., RAO P.S.C.**, 1991, Nutrient leaching loss from two contrasting cropping systems in the humid tropics. Trop Agric (Trinidad) 68 : 9-18.
- **SINGH R.P., ONG C.K., SAHARAN N.**, 1989, Above and below ground interactions in alley-cropping in semi-arid India. Agrofor Syst 9 : 259-274.
- **STEEL R.G.D., TORRIE J.H.**, 1980, Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 633 pp.
- **STEWART B.A., PORTER L.K., JOHNSON D.D.**, 1963, Immobilization and mineralization of nitrogen in several organic fraction of soil, *in* soil sciences Proc. 27 Soc. of Am. journal, Madison, USA, pp. 302-304.
- **SZOTT L.T., PALM C.A., SANCHEZ P.A.**, 1991, Agroforestry in acid soils of the humid tropics. Adv Agron 45 : 275-301.
- **VERGNET L.**, 1986, Approvisionnement de Brazzaville en bois énergie à partir de plantations d'espèces à croissance rapide. Caisse Française de Développement et Ministère Congolais des Eaux et Forêts, Paris, France.

- **VERGNET L.**, 1991, Filière bois énergie, situation actuelle et perspective. Mise en évidence de la forte rentabilité des petits boisements paysans péri-urbains, plan directeur énergie du Cameroun. Ministère des Mines et de l'Energie, Yaoundé, Cameroun.
- **VERGNET L.**, 1992, Plantations villageoises d'*Acacia mangium* en Basse Côte d'Ivoire pour la réhabilitation des jachères et la production de bois énergie. Rapport FED, Bruxelles, Belgique.
- **VOGT K.A., VOGT D.J., BLOOMFIELD J.**, 1991, Input of organic matter to the soil by tree roots. In : McMichael B.L. and Persson H., eds, Plant roots and their environment, pp 171-190. Amsterdam, Elsevier
- **WALKER J.C., STAHMANN M.A.**, 1955, Chemical nature of disease resistance in plants. Ann Rev Plant Physiol 6 : 351-366.
- **WALWORTH J.L., SUMNER M.E.**, 1987, The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Adv. Soil Sci 6 : 149-188.
- **WARING S.A., BREMNER J.M.**, 1964, Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability, in Nature, 4922, M.M.Ld, Londres, Angleterre, p. 951-952.
- **YAMOAH C.F., AGBOOLA A.A., WILSON G.F., MULONGOY K.**, 1986, Soil properties as affected by the use of leguminous shrubs for alley cropping with maize. Agric Ecosys Environ 18 : 167-177.
- **YOUNG A.**, 1993, Agroforestry as a viable alternative for soil conservation. Entw ländl Raum. 5 : 3-7.
- **ZAAFOURI M.S.**, 1994, Définition d'âge et période optima d'exploitation d'*Acacia saligna* en Tunisie, in actes des 3^{ème} journées d'étude du réseau Parcours. IAM, Montpellier, France.
- **ZACHARIAH H.C. et CONDE J.**, 1981. Migration in West Africa : demographic aspects. Oxford University Press. Oxford, Angleterre, 130 p.

FIGURES

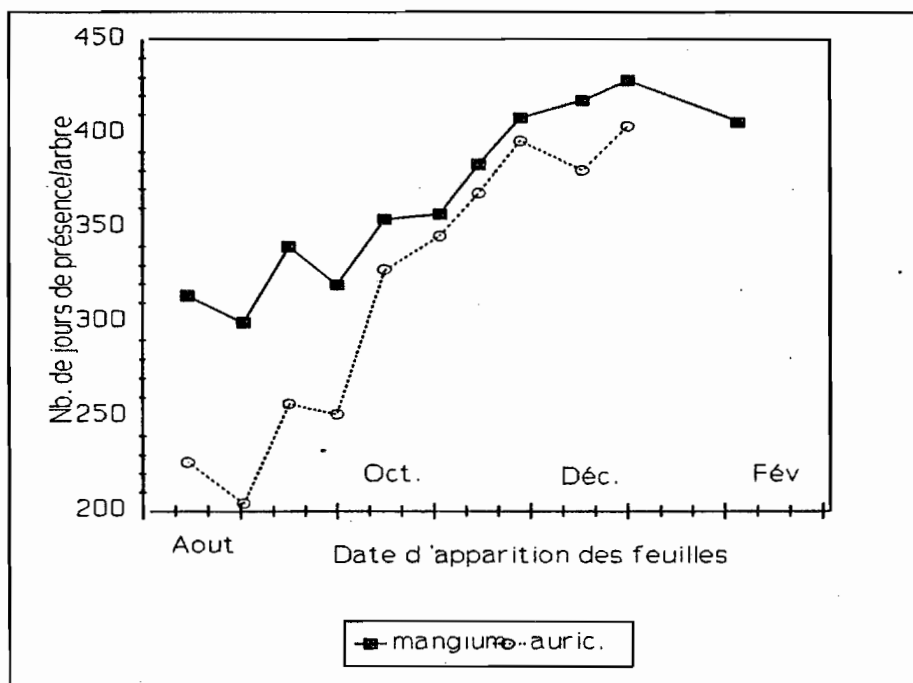


Fig : 2 : Durée moyenne de présence sur l'arbre des feuilles selon leur date d'apparition

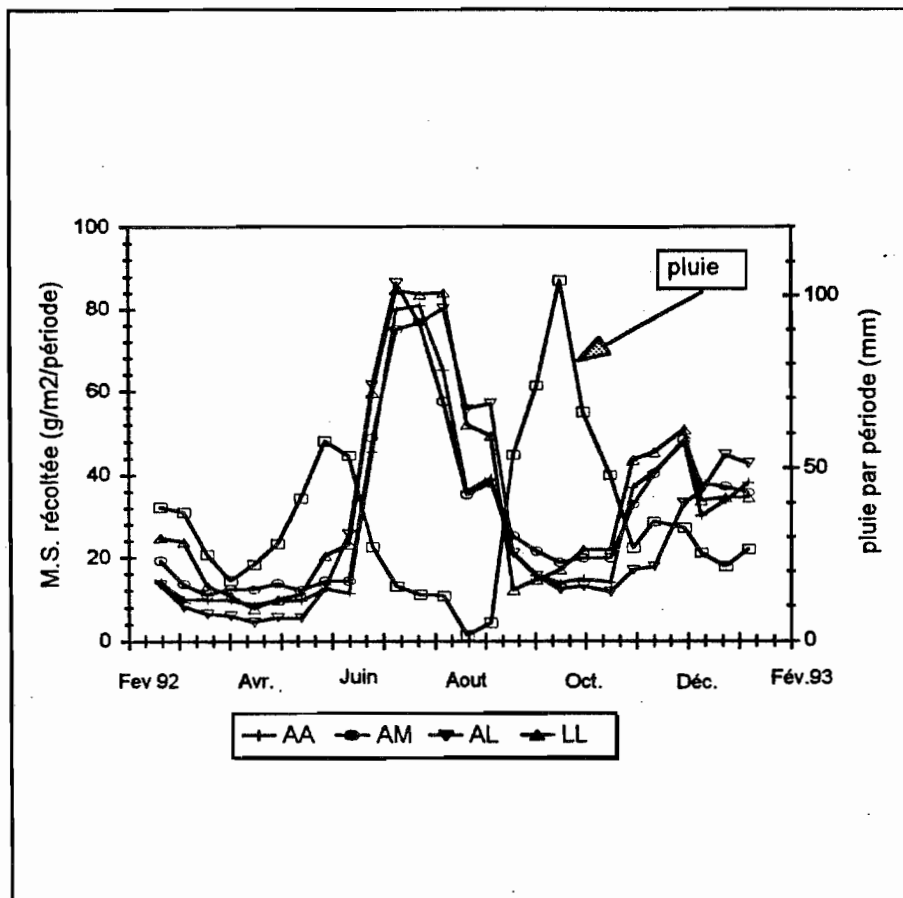


Fig. 3 : dynamique de la production de litière par 4 espèces de légumineuses arborées à Oumé (C.I.)

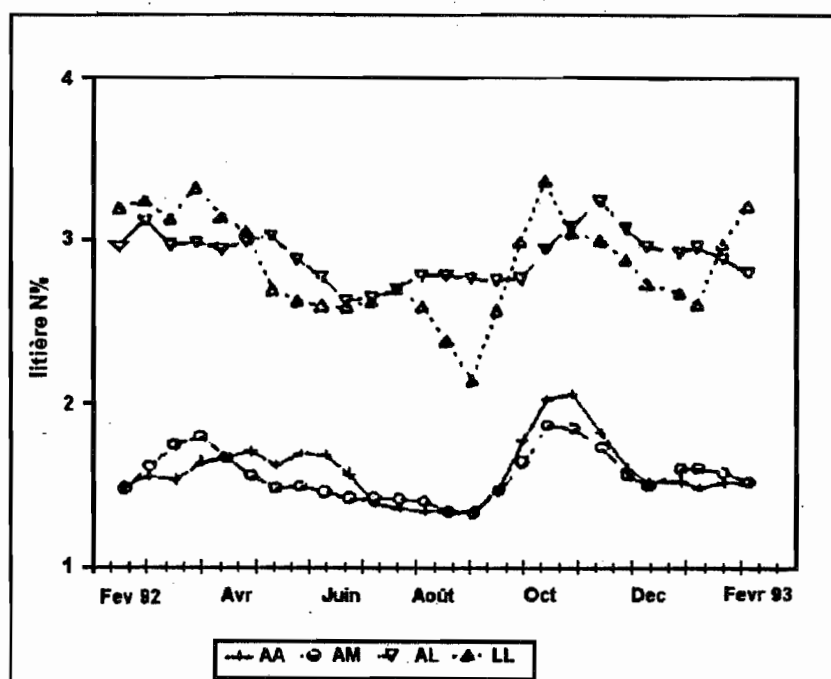


Fig 4 : Evolution temporelle des teneurs en azote (% MS) des chutes de "litière" de 4 légumineuses arborées

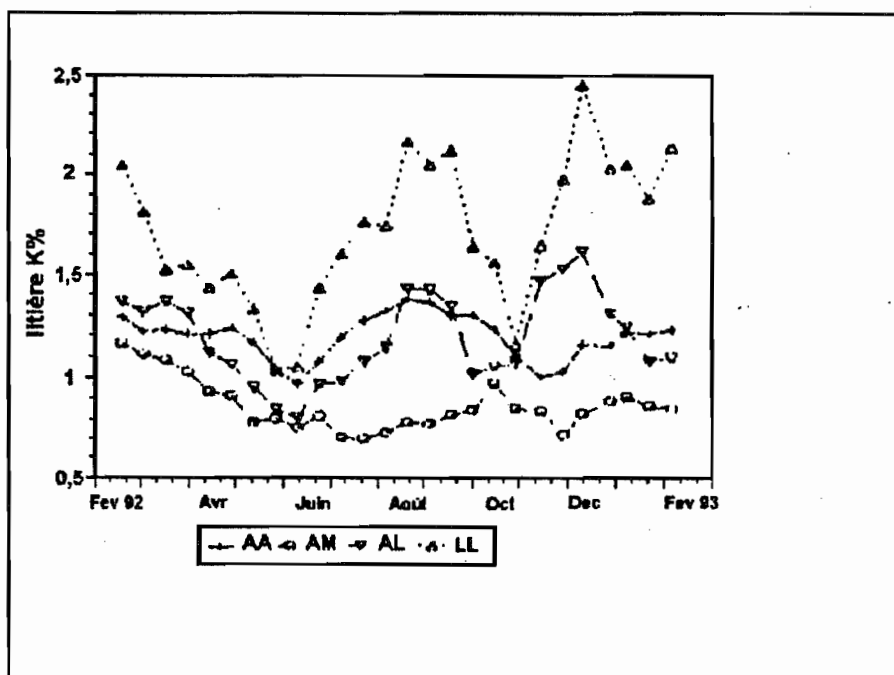


Fig 5 : Evolution temporelle des teneurs en potassium (% de la matière sèche) des chutes de "litière" de 4 légumineuses arborées

